نموذج ترخيص

أنا الطالبة: فاطمه عبده مفلح الزراونه أمنح الجامعة الأردنية و/ أو من تفوضه ترخيصاً غير حصري دون مقابل بنشر و / أو استعمال و / أو استغلال و / أو ترجمة و / أو تصوير و / أو إعادة إنتاج بأي طريقة كانت سواء ورقية و / أو إلكترونية أو غير ذلك رسالة الماجستير / الدكتوراه المقدمة من قبلي وعنوانها.

تأثير دورة المحيط الأطلسي الشمالي على الأمطار في الأردن .

وذلك لغايات البحث العلمي و / أو التبادل مع المؤسسات التعليمية والجامعات و / أو لأي غاية أخرى تراها الجامعة الأردنية مناسبة. وأمنح الجامعة الحق بالترخيص للغير بجميع أو بعض ما رخصته لها.

اسم الطالب: فاطمه عبده مفلح الزراونه

التوقيع: [signature]

التاريخ: ١٤/٥/٢٠١٥

تأثير دورة المحيط الأطلسي الشمالي على الأمطار في الأردن

إعـــــداد

فاطمه عبده مفلح الطراونه

المشـــــرف

الأستاذ الدكتور نعمان شحادة

قدمت هذه الأطروحة استكمالاً لمتطلبات الحصول على درجة الدكتوراة في الجغرافيا

كلية الدراسات العليا

الجامعة الأردنية

نيسان 2015 م

قرار لجنة المناقشة

نوقشت هذه الأطروحة (تأثير دورة المحيط الأطلسي الشمالي على الأمطار في الأردن) وأجيزت بتاريخ: ٩/ ٤ / ٢٠١٥

أعضاء لجنة المناقشة — **التوقيع**

أ.د. نعمان عابد شحاده (مشرفاً) ....
أستاذ مناخ

أ.د. علي أحمد غانم (عضواً) ....
أستاذ مناخ

د. دلال زريقات (عضواً) ....
أستاذ بيئة واستعمالات أراضي

أ.د. محمد أحمد بني دومي (عضواً) ....
أستاذ جغرافيا
جامعة اليرموك

الإهـــــــــداء

إلى من كلله الله بالهيبة والوقار.. إلى من علمني العطاء بدون انتظار.. إلى من أحمل أسمه بكل افتخار.. ، أرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثماراً قد حان قطافها بعد طول انتظار وستبقى كلماتك نجوم أهتدي بها اليوم وفي الغد وإلى الأبد... . **.والــدي العزيــز**

إلى ملاكي في الحياة.. إلى معنى الحب وإلى معنى الحنان والتفاني.. إلى بسمة الحياة وسر الوجود، إلى من كان دعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي إلى أغلى الحبايب.... **أمــي الحبيبــة**

إلى سندي وقوتي وملاذي بعد الله **...**إلى من آثروني على نفسهم **....**إلى من علموني علم الحياة إلى من أظهروا لي ما هو أجمل من الحياة **...إخوتي**

الشــكر والتقديــر

كن عالماً.. فإن لم تستطع فكن متعلماً، فإن لم تستطع فأحب العلماء، فإن لم تستطع فلا تبغضهم.

فقد بدأنا بأكثر من يد وقاسينا أكثر من هم وعانينا الكثير من الصعوبات وهانحن اليوم والحمد لله نطوي سهر الليالي وتعب الإيام وخلاصة مشوارنا بين صفحات هذا العمل المتواضع.

يشرفني أن أتقدم بعظيم الشكر والإمتنان إلى:

من سرنا سوياً ونحن نشق الطريق معاً نحو النجاح إلى من تكاتفنا يداً بيد لإنجاز هذا البحث، فأظهر بسماحته تواضع العلماء وبرحابته سماحة العارفين، إلى أستاذي ومعلمي **الأستاذ الدكتور نعمان شحادة** الذي أحاطني بعلمه وأنار لي دربي وأحتضنني وتكرم علي بالإشراف على رسالتي ومنحني الدعم والرعاية، فله مني كل التقدير والاحترام**..**

إلى من علمونا حروفاً من ذهب وكلمات من درر وعبارات من أسمى وأجلى عبارات في العلم إلى من صاغوا لنا علمهم حروفاً ومن فكرهم منارة تنير لنا مسيرة العلم والنجاح إلى أساتذتنا الكرام في قسم الجغرافيا.

كما يشرفني أن أتقدم بخالص شكري وتقديري للأساتذه الأفاضل أعضاء لجنة المناقشة.. الأستاذ الدكتور علي غانم والدكتورة دلال زريقات من الجامعة الأردنية، والأستاذ الدكتور محمد أحمد بني دومي من جامعة اليرموك على تفضلهم بمناقشة هذه الرسالة.

وأخيراً الشكر وكل الشكر لمن ساعدني في إنجاز هذه الرسالة

فهرس المحتويات

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

تأثير دورة المحيط الأطلسي الشمالي على الأمطار في الأردن

إعداد
فاطمه عبده مفلح الطراونه

المشرف
الأستاذ الدكتور نعمان عابد شحاده

الملخـص

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير دورة المحيط الأطلسي الشمالي على الأمطار في الاردن خلال الفترة الممتدة بين عامي (1960- 2013) ، وذلك لتحديد الاتجاه العام لمجموع الأمطار في فصل الشتاء والإتجاه العام لقرينة الناو، كذلك تحديد طبيعة العلاقة بين التقلبات في دورة المحيط الاطلسي الشمالي (NAO) والتقلبات في مجموع الامطار، إذ تبين وجود تناقص في الاتجاه العام لمجموع الامطارالفصلية خلال فترة الدراسة، وتناقص في اتجاه قرينة الناو بشكل عام مع بقائها في الطور الموجب، كما تبين كذلك وجود دورات مختلفة في العدد والاطوال في كل من الامطار وقرينة الناو، وذلك بإستخدام عدد من الاساليب الاحصائية مثل تحليل السلاسل الزمنية (Time Series)، المتوسطات المتحركة (Moving Averages) ، الفروقات المتجمعة (Cumulated Sums)، والتحليل الطيفي (Spectral analysis) ، لتحليل البيانات الخاصة بقرينة الناو ومجموع الأمطار خلال فصل الشتاء في عدد من المحطات المناخية الأردنية (رأس منيف، مطار عمان، الجامعة الأردنية، السلط، معان، المفرق، الشوبك، اربد).

الفصـــل الأول
الإطـــــار النــــــظـــري

- المقدمة
- مشكلة الدراسة وأهميتها وأهدافها
- أسئلة وفرضيات الدراسة
- الدراسات السابقة
- منهج البحث

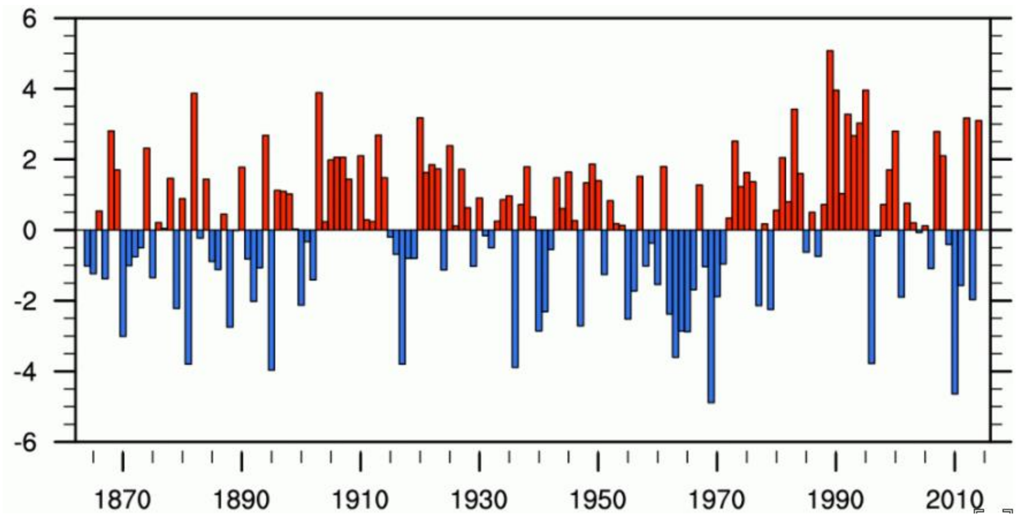
مقدمه

يشهد المناخ في شمال المحيط الاطلسي تقلبات كبيره، لذا من الضروري فهم تلك التغيرات لتقييم التقلبات المناخية المحتمله في المستقبل، وإلى أي مدى يمكن التنبؤ بهذه التقلبات، وبالتالي تقييم الآثار المحتمله لتغير المناخ، حيث أثبتت الدراسات أن جزء كبير من تقلب المناخ على حوض المحيط الأطلسي مرتبط بدورة المحيط الاطلسي الشمالي North Atlantic Oscillation (NAO) ، وتحظى دورة المحيط الاطلسي الشمالي بإهتمام وآسع في ظل الأهتمام بالتغيرات المناخية سواء على مستوى سطح الارض أو على مستوى طبقات الجو العليا. بالرغم من أن هذه الظاهرة ليست في شهرة ظاهرة النينو المدمرة في آسيا وأمريكا، فقد بدأت تلفت أنظار الباحثين في السنوات الماضية لما لها من تأثير على دول أوربا وشمال أفريقيا وشمال شرق أمريكا ومؤخراً تأثيرها على دول شرق البحر المتوسط. وظاهرة (الناو) ليست جديدة على العلماء، فقد اكتشفها عام 1920 اثنان من علماء المناخ، النمساوي فريدريش إكسنر Friedrich Exner والإنجليزي جيلبرت ووكر walker Gilbert، وذلك أثناء محاولة للكشف عن أهم مراكز الضغط المرتفع والمنخفض. وقد سميت بتذبذب المناخ Fluctuation of Climate تعبيرًا عن انتقال تيارات الهواء من مركز لآخر. ويرى العلماء أن ظاهرة (NAO) تُفسر أيضًا سبب التغير المناخي الشتوي في أوربا، وتمتد آثارها إلى القطب الشمالي وشمال إفريقيا.وهذه الظاهرة قد تكون إيجابية أو سلبية. فعندما كانت إيجابية، تميز شتاء بريطانيا بتيارات هواء شديدة أكثر من المعتاد، وهطلت الثلوج بمعدل أكبر على الدول الاسكندنافية، كما جاءها فصل الربيع قبل موعده بـ 20 يومًا. وعلى النقيض، تؤدي (الناو) السلبية إلى زيادة إنتاج محاصيل الزيتون والعنب في إسبانيا والبرتغال. (مطر، 2012)

وبالرغم من معرفة آثار هذه الظاهرة، لاتزال أسباب حدوثها لغزًا بالنسبة لعلماء المناخ، فهل تحدث بصفة دورية أم بشكل عشوائي؟ وهل تنتج عن تذبذب حالة الجو أم أن للمحيط الأطلسي دورًا في حدوثها من خلال تبادل الحرارة بين الهواء وسطح الماء؟ وما السبب الحقيقي وراء تغير ظاهرة تذبذب المناخ فوق شمال المحيط الأطلسي (الناو)، فتؤثر أساسًا على أوربا، حيث تتجه تيارات الهواء شرقًا من منطقة الأطلسي نحو أوروبا، وأحيانا تتجه جنوبًا نحو جنوب أوروبا ودول حوض

البحر المتوسط فتسبب هطول الأمطار عليها. وهذه الظاهرة مازالت تحتاج إلى مزيد من الدراسة والبحث لمعرفة أسبابها وتوابعها. وقد أطلق العالم السويسري (بينيستون)، الخبير العالمي في قضايا المناخ، على هذه الظاهرة اسم (ابن عم النينو الصغير). وفي عام 1996، أجرى الباحث جيم هورل Gem Hurrell في كولورادو بحثًا مناخياً أثبت فيه أن كل المواسم الشتوية المعتدلة التي شهدتها أوربا وآسيا ترجع أسبابها إلى ارتفاع الحرارة على كوكب الأرض والذي لعبت ظاهرة الناو دورًا كبيرًا فيه. (مطر، 2012)

ويوضح الشكل رقم (1) مؤشر الناو خلال أشهر الشتاء من كانون الأول إلى شهر أذار حيث يبين المؤشر باللون الازرق الناو في حالتها السالبة أما اللون الاحمر فيشير إلي الناو بحالتها الموجبة .



المصدر: (NOAA,2014)

شكل (1) مؤشر الناو (NAO) لأشهر الشتاء كانون الأول – آذار للفترة 1870-2014

مشكلة الدراسة وأهميتها وأهدافها:

مشكلة الدراسة:

يعتبرتذبـذب شـمال المحـيط الأطلسـي (North Atlantic Oscillation) مـن العوامـل الرئيسية المؤثره علـى الأمطـار السـنوية فـي الأردن، فعنـدما تكـون تلـك الـدورة قويـة ونشـطه وذات

قرينة عالية، فإنها توجه المنخفضات الجوية نحو الشمال، ولا يصل إلى حوض البحر المتوسط منها الا القليل النادر، أما عندما تكون تلك الدورة ضعيفة وذات قرينة منخفضة وإتجاهها من الغرب إلى الشرق فانها تسمح للإضطرابات الجوية بالوصول إلى الحوض الشرقي للبحر المتوسط، وبالتالي فإن التقلبات (Fluctuations) التي تتعرض لها دورة المحيط الأطلسي الشمالي تنعكس بوضوح على تقلبات الأمطار في الأردن.

أهمية الدراسة:

يعد المنخفض العلوي الأطلسي أحد اهم العوامل السينوبتيكيه الرئيسيه التي تؤثر ليس فقط على حالة الطقس في غرب اوروبا، بل على حالة الطقس في بلاد الشام وحوض البحر المتوسط بمجملة، ومن هنا تأتي اهمية هذه الدراسه التي تتناول بالتحليل تحديد طبيعة العلاقة بين التقلبات التي تحدث في دورة المحيط الاطلسي الشمالي وتقلبات الامطار السنوية في الاردن، مع محاولة الربط بين قرينة (NAO) وسنوات الرطوبه والجفاف في الاردن بحيث إذا كانت (NAO) قوية يسود في الاردن سنوات جفاف والعكس اذا كانت ضعيفة يسود في الأردن سنوات رطوبة.

وتعد هذه الدراسة الأولى من نوعها التي تعالج العلاقة بين ظاهرة الناو (NAO) والأمطار في الأردن، خاصة الأمطار المرتبطة بالمنخفضات الجوية التي يغلب تأثيرها على المناطق الشمالية والوسطى من الأردن، بينما يزداد تأثير حالات عدم الاستقرار الجوي في المناطق الجنوبية وفي البادية الشرقية.

وتكتسب هذه الدراسة جانبا تطبيقيا مهما لعلاقتها بالتغير المناخي حيث ستحسن من عمليات التنبؤ الجوي .

أهداف الدراسة:

1- تحديد التقلبات الطبقية الطيفية في قرينة الناو.

2- تحديد التقلبات الطبقية الطيفية في الأمطار الفصليه للأردن.

3- تحديد طبيعة العلاقة بين التقلبات في دورة المحيط الاطلسي الشمالي والتقلبات في المجموع السنوي للامطار في الاردن خلال فصل الشتاء للفتره (1960-2013) .

اسئلة و فرضيات الدراسة:

1) هل يوجد للتقلبات التي تحدث في دورة الاطلسي الشمالي تأثير على التقلبات التي تحدث في مجموع الأمطار السنوية في الاردن؟.

2) هل تأثير دور المحيط الأطلسي يقتصر على أمطار فصل الشتاء فقط؟

3) هل يقتصر تأثير دورة المحيط الاطلسي الشمالي على شمال ووسط الاردن فقط أم يمتد إلى المناطق الجنوبية أيضا ؟

الفرضيات:

- تأثير التقلبات التي تحدث في دورة المحيط الاطلسي الشمالي على تقلبات الأمطار السنوية في الأردن تأثير كبير.
- تأثير التقلبات التي تحث في دورة المحيط الاطلسي الشمالي يقتصر على أمطار فصل الشتاء.
- تؤثر دورة المحيط الاطلسي الشمالي على الامطارفي شمال ووسط الاردن .

الدراسات السابقة

دراسة Richard التي تبين أن ظاهرة الناو (NAO) أكثر العوامل المناخية تأثيراً على التباين المناخي في النصف الشمالي من الكرة الأرضية. وتعتمد قوة الناو على الدورة الجوية وقوة الرياح الغربية بين خطي عرض 40-60 شمالاً، كما تبين الدراسة إن الناو ليست ظاهرة محلية في شمال المحيط الأطلسي بل هي ظاهرة كبرى تؤثر على المناخ في كل النصف الشمالي من الكرة الأرضية وقد تمكن Hurrell (1996) باستخدام البيانات المناخية للفترة 1935- 1995 من تقدير نسبة مساهمة الناو في تباين (Variance) المناخ فوق النصف الشمالي وذكر أن تلك المساهمة تصل الى 31 % ويناقش هذا المقال طبيعة الناو وخصائصها ودورها في الدورة العامه للغلاف الجوي في النصف الشمالي للكرة الارضية(Richard ,2000)

دراسة توضح أن الناو تربط بين نظام الضغط المداري المرتفع فوق المحيط الأطلسي المداري ونطاق الضغط المنخفض في شمال المحيط الأطلسي فكلما كان الفرق بينهما كبير تكون قرينة الناو مرتفعة وعندها يكون الطقس في غرب أوروبا ماطراً وعاصفاً والعكس عندما تكون قرينة الناو ضعيفة، وكما تشير الدراسات الحديثة أن التغير المناخي قد يزيد من معدل تحدر الضغط الجوي بين المناطق المدارية والمناطق الباردة فوق المحيط الأطلسي مما سيؤدي إلى حالات أقوى من الناو وبالتالي إلى طقس ماطر وعاصف في غرب أوروبا والعكس من هذه الحالة في شرق البحر المتوسط كما تناقش الدراسة الإتجاهات المحتملة للزيادة أو النقصان في قرينة الناو في المستقبل (Research,2007).

دراسة Wilby لتذبذب شمال المحيط الاطلسي (NAO) وتقلبات المناخ في الجزر البريطانية، حيث شهدت أوروبا مؤخراً تغيرات مناخية عديدة منها حالات الجفاف والفيضانات على نطاقات واسعة، وهذا يثير مخاوف بشأن الآثار المحتملة للتغير المناخي. وناقشت تلك الدراسة العلاقات بين التقلبات المناخية السنوية وقياسها على مؤشر تذبذب شمال الاطلسي، حيث أظهرت النتائج أن العلاقة بين (NAO) وفصل الشتاء (هطول الامطار) عالية. (Wilby ,1997)

دراسة Cullen وأخرون تأثير دورة المحيط الأطلسي الشمالي على مناخ الشرق الاوسط، حيث تعكس الدراسة تقلبات الناو السنوية والتأثير المباشر لتلك الدورة على درجة الحرارة والأمطار في الشرق الأوسط فقد تبين من المقارنه دورات الناو مع دورات الجريان النهري في الشرق الاوسط وجود ارتباط قوي بينهما، وعلى كل حال فإن للأنهار في الشرق الاوسط دورتان الأولى خلال الفترة من كانون أول إلى أذار حيث يتحكم في هذه الدورة الأمطار الفصلية التي تعكس تأثير الناو (NAO) مباشرة، أما الدورة الثانية فتمتد من نيسان الى حزيران وتعكس ذوبان الجليد وتساهم بأكثر من 50% من الجريان النهري . (Cullen,et,2002)

دراسة GARCĺA لمؤشر تذبذب المحيط الأطلسي الشمالي وهطول الامطار في غاليسيا (اسبانيا) حيث ناقشت تلك الدراسة الذي يرتبط فيه هطول الامطار في غاليسيا (شمال غرب اسبانيا) مع الناو (مؤشر شمال الاطلسي) و مع النينو مؤشر التذبذب الجنوبي والبحث عن تنبؤ ممكن للمناخ، حيث تم استخدام التحليل الطيفي المفرد (أس أس أي) لتحديد الترددات، في حين ان العلامات الاحصائيه تم التحقق منها باستخدام طريقه مونتي كارولو وكانت النتائج تشير الى ان مؤشر دورة شمال الاطلسي وهطول الامطار في غاليسيا (اسبانيا) لمده ثماني سنوات كانت ذات علاقه في النطاق الزمني في حين أن تاثير النينو ليست كبيره (GARCĺA ،2004)

دراسة Jacobeit التي تبين العلاقة بين تقلب المناخ في منطقة البحر الأبيض المتوسط وخطوط العرض الوسطى، حيث تؤثر خطوط العرض الوسطى على تقلب المناخ في منطقة البحر المتوسط، كما أن هذه المنطقة تقع على الحد الجنوبي لمسار العواصف شمال الأطلسي، فالتحولات في مسارات العواصف يمكن أن يؤدي إلى شذوذ ملحوظ في هطول الأمطار. كما يؤدي إلى الحد من درجة الحرارة وإنخفاضها في موسم البرد غرب البحر الابيض المتوسط وتظهر هذه التغيرات بوضوح في شرق المتوسط كذلك. ولقد ركزت الدراسات والتحليلات حتى الآن على أهم العوامل التي تؤثر على تقلب المناخ في البحر المتوسط في فصل الشتاء وهي تذبذب دورة الاطلسي الشمالي (NAO) ، وأظهرت الدراسات العلاقة بين الناو وهطول الأمطار ودرجة الحرارة في منطقة حوض البحر المتوسط Rimbu (ريمبيو وآخرون، 2001). كما عانت منطقة حوض البحر المتوسط الغربي من فترات جفاف لعدة سنوات وبشكل دوري، ويمكن أن تعزى إلى دورة المحيط الأطلسي (NAO) الموجبة (Jacobeit ,2003).

دراسة Krichak التي تكشف العلاقة بين مؤشر الناو وهطول الأمطار والتي يمكن من خلالها التنبؤ الموسمي لحالة الناو (NAO)، كما يمكن أيضاً الاستعانة بها في إظهار التنبؤات المناخية الموسمية في المناطق القريبة من البحر الأبيض المتوسط إيشيل وآخرون (2000) وتظهر الدراسة أنه ينبغي عدم تجاهل الأنماط المناخية (EA) و(EM) شرق المحيط الأطلسي حيث لها تأثير قوي على حركة الهواء الأفقية من الكتل الهوائية الرطبة أو الأكثر دفئاً إلى مناطق معينة، فريناديز وآخرون (2003) وهذا النمط هو المسؤول أيضاً عن تشكل هطول الأمطار في شرق البحر الأبيض المتوسط (Krichak,2004).

دراسة Heidi وآخرون توضح هذه الدراسة أن لدورة الأطلس الشمالي تأثيراً على تقلبات المناخ شمال المحيط الأطلسي وأقوى تأثير لها يكون في فصل الشتاء (كانون الأول – كانون الثاني) حيث تؤثر على هطول الأمطار ودرجة حرارة الهواء، كما ويبرز البحث مصدر قلق الشرق الاوسط وهو ندرة المياة وقلتها فعدد السكان يزداد بنسبة 3.5 % كل عام، وتلعب التغيرات المناخية دور كبير في قلة هذه الموارد، حيث تؤثر (NAO) على تكرار فترات الجفاف في منطقة الحوض الشرقي للبحر المتوسط وتبين النتائج أن هذا مرتبط بالإحتباس الحراري ومن المتوقع قلة هطول الامطار وكذلك تدفق المجاري المائية والأنهار مثل (نهر دجلة، الفرات، اليرموك- الأردن) وعلى كل حال فإن للأنهار في الشرق الأوسط دورتان الأولى خلال الفترة من كانون أول إلى أذار ويتحكم في هذه الدورة الأمطار الفصلية التي تعكس تأثير الناو مباشرة اما الدورة الثانية فتمتد من نيسان إلى حزيران ويتحكم بهذه الدورة ذوبان الجليد وتساهم بأكثر من 50% من الجريان النهري اما منخفضات الخماسين فليس لدورة الناو أي تأثير عليها . (Heidi.et,al,2002)

دراسة James وHarrell التي أظهرت التغيرات في دوران الغلاف الجوي في فصل الشتاء على مدى العقدين الماضيين وتأثييرها على أحواض المحيطات في نصف الكرة الشمالي، وكان لهذه التغيرات أثر عميق على التوزيعات الإقليمية لدرجة الحرارة وهطول الأمطار حيث ترتبط الإختلافات

فوق شمال الأطلسي في تغييرات دورة المحيط الأطلسي (الناو) على مدار 130 سنه الماضية وقد أظهرت الجداول الزمنية السنوية وشبة العقدية تفاوتاً كبيراً في (NAO) حيث أصبحت الناو أكثر وضوحاً في النصف الثاني من هذا القرن منذ 1980، حيث تساهم الناو في رفع درجات الحرارة والشذوذ في هطول الأمطار بما في ذلك ظروف الشتاء الجاف في البحر المتوسط وفي جنوب أوروبا وشتاء رطب فوق شمال أوروبا والدول الاسكندنافية (James and Harrell,1995).

دراسة Moreno وآخرون حيث حددت الدراسات السابقة الناو بإعتبارها من أكثر النظم المناخية التي تؤثر على التغير الزماني للأمطار ودرجة الحرارة في حوض البحر المتوسط وتؤثر الناو تأثيراً كبيراً على الغطاء الثلجي وموارد المياه في عدد من المناطق الجبلية في حوض البحر المتوسط. وتحلل هذه الدراسة تأثير الناو على التغير في الأمطار ودرجة الحرارة في فصل الشتاء وفي تحديد أربع نظم من الحرارة والأمطار وهي: رطب دافئ (WW) ، دافئ جاف (WD) ، بارد رطب (CW)، وبارد جاف (CD). وتركز هذه الدراسة على خمسة عشر منطقة جبلية في حوض المتوسط في اوروبا، المغرب العربي، تركيا، لبنان. وقد استخدمت نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي في تمثيل العلاقة بين الناو وكل من الأنماط المناخية في القرن القادم آخذيين بعين الإعتبار الإحتباس الحراري ومعدلات الاشعاع المتوقعه. وقد بينت نتائج هذه الدراسة على أن حدوث أي نمط مناخي من أنماط الشتاء في تلك المناطق الجبلية مرتبط ارتباطاً شديداً بالناو بالرغم من أن العلاقة بين الناو وتلك الأنماط أضعف في الجزء الشرقي للبحر المتوسط. كما تبين الدراسة أن الناو ستبقى خلال القرن القادم من أهم العوامل المؤثرة على المناخ في حوض البحر المتوسط. وتبين النتائج أيضاً أن الناو ستكون أقوى في المستقبل مما يعني إزدياد شدة فترات الجفاف كما أن الفترات التي تسود فيها درجة الحرارة المرتفعة ستزداد من حيث العدد والشدة كما أن فترات البرد ستكون أقل حدوثاً عما كانت علية (Moreno.et,al.2011) .

دراسة Martin وآخرون للناو في الماضي والحاضر والمستقبل، إن التغيرات في مناخ المحيط الأطلسي ترتبط بشكل كبير بالناو، حيث يمتد تأثير الناو من فلوريدا إلى جزيرة غرينلند ومن شمال غرب أفريقيا عبر أوروبا إلى شمال أوروبا. وخلال الثلاث عقود الأخيرة الماضية تحول وضع الناو من الناو السالبة إلى الناو الموجبة، ونحن بحاجة لفهم الكثير للاشياء التي تؤثر

على الناو، وأهم هذه الأشياء هو تأثير الانسان على الغلاف الجو من خلال زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي (ظاهرة الأحتباس الحراري) (Martin.et,al.2014) .

دراسة Ercan Kahya أثار الناو على الهيدرولوجيا في بلدان شرق البحر الأبيض المتوسط

و تركيا، ايران، الكويت، سلطنة عمان ، حيث أن النتائج بالنسبة لدول شرق البحر المتوسط تختلف من موقع الى آخر من حيث تأثير الناو، وتناقش هذه الدراسة أنماط هطول الأمطار

وتدفق المجاري المائية ومستوى البحيره في تركيا، كما يخصص إهتماماً خاصاً لتأثيرات

الحسابية للناو على تشكيل تدفق المجاري المائية. وأظهرت نتائج جميع التحليلات بوضوح أن الاشارات الحسابية للناو يمكن تحديدها تماماً في مختلف المتغيرات الهيدرولوجية في تركيا، حيث تم العثور على تأثير للناو (NAO) خلال فصل الشتاء على أنماط هطول الأمطار وتدفق المجاري المائية. وبالمقابل ظهرت أنماط لدرجات الحرارة أقل حساسية ل (NAO) حيث يتأثر هذا الموسم من أكتوبر إلى ديسمبر من قبل الناو (NAO) بالنوبات الجافة والرطبة. وأظهرت

نتائج الدراسة أيضاً وجود علاقة هامة ايجابية بين الناو وهطول الأمطار في وسط وجنوب إسرائيل ولوحظ أيضاً وجود إرتباطات عالية بين الناو في فصل الشتاء ودرجة الحرارة والضغط عند مستوى سطح البحر في إسرائيل (Ercan Kahya ,2011) .

دراسة Fortis وآخرون للخصائص الطيفية والقدرة على التنبؤ بتذبذب شمال المحيط الاطلسي من خلال التحليل الطيفي المفرد SSA ونموذج المتوسطات المتحركة حيث تم دراسة البيانات الخاصة بمؤشر الناو خلال فصل الشتاء للفترة 1826-2000 وأشارة النتائج الخاصة بالتحليل الطيفي أن مؤشر الناو يمكن تقسيمه إلى ثلاث دورات الأولى طولها (7,7) سنه والثانية (4,8) سنه والموجه الثالثة (2,4) سنه، ومجموع هذه الدورات الثلاثه يفسر 56% من التباين في شدة الأمطار، كما استخدم المتوسطات المتحركة من أجل التنبؤ بالناو (NAO). (Fortis.et,al.2002)

دراسة القاضي للعلاقة بين درجات حرارة فلسطين (1901–2000) و ذبذبة الدورة الجوية في الاطلسي الشمالي (NAO)، حيث ناقشت تلك الدراسة العلاقة بين التغيرات الشهرية و الفصلية والسنوية لذبذبة الضغط الجوي في المحيط الاطلسي الشمالي (NAO) و درجات الحرارة الشهرية والفصلية و السنوية لفلسطين. قسمت الذبذبة ألي فئات موجبة و سالبة و تم إيجاد العلاقة بين هذه الفئات و درجات الحرارة, كذلك حسبت متوسطات درجات الحرارة الملازمة لهذه الفئات. أظهرت النتائج وجود علاقة ارتباط سالبة و مميزة إحصائيا بين التقلبات و درجات الحرارة. هذه النتائج أكدت ما هو معروف مناخياً لتبادلية الاختلاف في الدورة الجوية العامة بين شرق البحر المتوسط و شمال الأطلسي-غرب أوروبا. التتابعات الموجبة و السالبة لفترات زمنية طويلة لدورة شمال الأطلسي تم تحديدها و من ثم ربطت بإيجاد علاقتها مع درجات حرارة فلسطين. و لقد ثبت أن الفترات الزمنية للمرحلة السالبة قد تزامنت مع درجات حرارة عالية (دافئة) و المرحلة الموجبة مع درجات حرارة منخفضة (باردة).(القاضي، 2000)

منهج البحث:

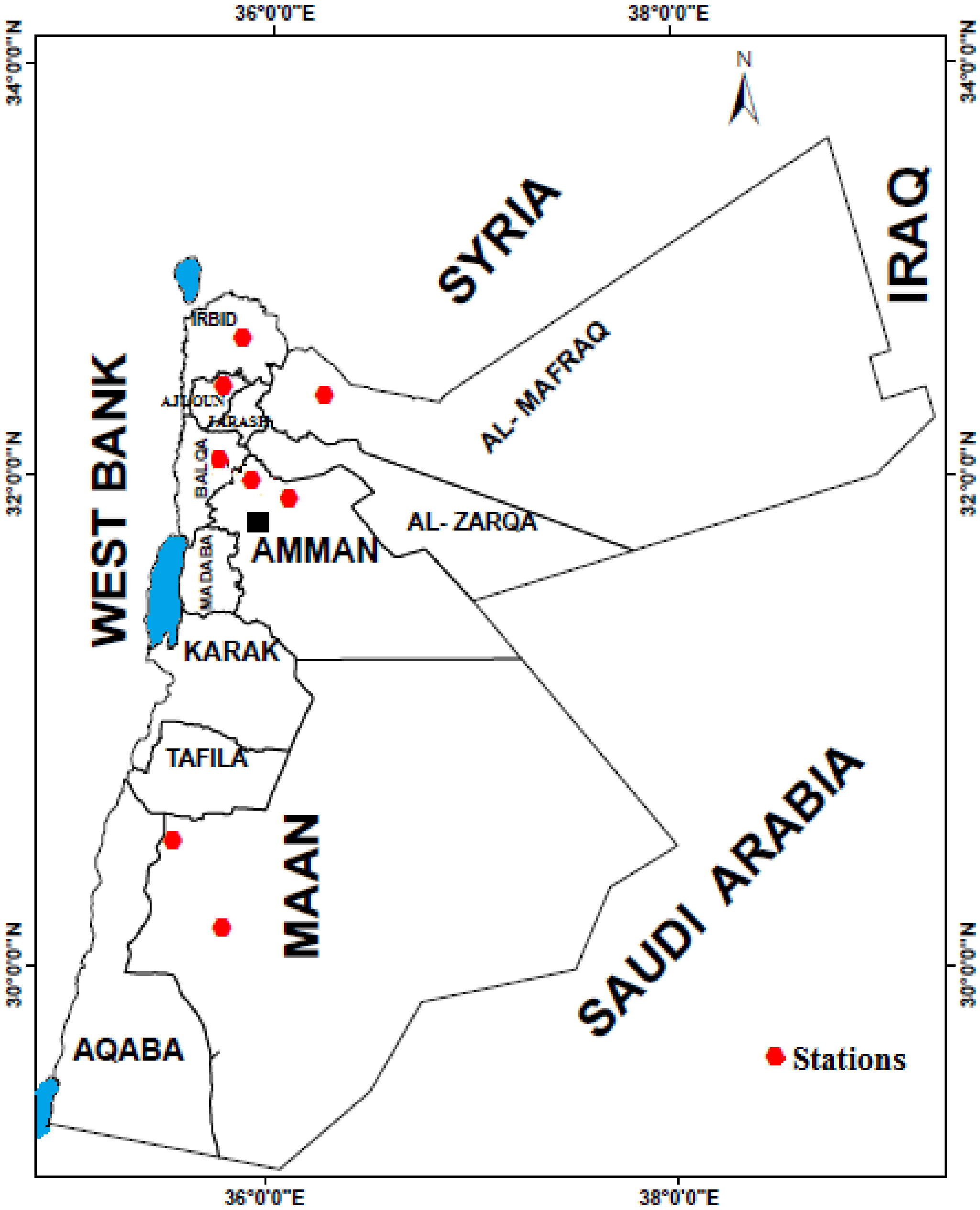
أ. البيانات المستخدمة

- بيانات خاصة بالمعدل السنوي للأمطار في الاردن خلال الفترة الممتدة من (1960-2013) لعينة عنقودية من المحطات التي تمثل المملكه:(اربد، السلط، الجامعه الأردنية، الشوبك، معان، مطار عمان، المفرق، رأس منيف) والتي تمتاز بسجل طويل من البيانات المناخية وتمثل المناطق التي يكون تأثير المنخفضات الجوية كبيرا.
- بيانات خاصة بقرينة الناو (تذبذب المحيط الأطلسي الشمالي) للفترة الممتدة من (1960-2013) .
- البيانات المتوفرة عن الأوضاع السينوبتيكية خلال فصل الشتاء والمتوفرة في دائرة الأرصاد الجوية الأردنية وغيرها من دوائر الأرصاد الجوية في الأقطار المجاورة وفي المراكز المناخية العالمية مثل دائرة الأرصاد الجوية العالمية (WMO)، والمركز القومي للتنبوئات الجوية (NOAA).

جدول رقم (1) المحطات المناخية المختارة لتمثيل مناطق المملكة المختلفة

المحطة	خط الطول		دائرة العرض		الإرتفاع عن مستوى البحر/ متر
	دقيقة	درجة	دقيقة	درجة	
معان	47	35	10	30	1069
مطار عمان	59	35	59	31	779
إربد	51	35	33	32	616
الشوبك	32	35	31	30	1465
السلط	44	35	02	32	915
رأس منيف	45	35	22	32	1150
المفرق	15	36	22	32	683
الجامعة الأردنية	53	35	01	32	980

المصدر: (دائرة الأرصاد الجوية)



الشكل (2) التوزيع الجغرافي للمحطات المناخية المختارة

ب- مصادر البيانات

1-البيانات المنشورة والمتوفرة عن الامطار في دائرة الأرصاد الجوية الأردنية.

2-البيانات المنشورة والمتوفرة عن الامطار في وزارة المياه.

3-البيانات المنشورة والمتوفره عن قرينة (NAO) من الموقع الالكتروني.

WWW. .COM North Atlantic Oscillation

ج- اسلوب التحليل

أهم الطرق الاحصائية التي سيتم استعمالها في هذا البحث لتحديد تأثير التقلبات في قرينة الناو على مجموع الامطار في الاردن هي:

1- التحليل الطيفي

- التحليل الطيفي (Spectral analysis) للتقلبات في قرينة الناو.
- التحليل الطيفي (Spectral analysis) للتقلبات في الأمطار السنوية في الأردن.
- تحليل طيفي مقارن (Cross spectra) بين التقلبات في قرينة الناو والتقلبات في الأمطار السنوية في الأردن

ومما يجدر ذكره أن استخدام وسائل التحليل الطيفي في الدراسات المناخية اكثر بكثير من استخدامها في فروع الجغرافيا الأخرى. وقد استخدمت في دراسات مناخية كثيرة نذكر منها دراسة شحادة للتقلبات في الأمطار السنوية في الوسط الغربي للولايات المتحدة (Shehadah, 1973). ودراسة (Tabony,1979) لتقلبات الامطار في ويلز وانجلترا باستخدام التحليل الطيفي وكذلك (Tyson,1971) ، ودراسة الموسى للتحليل الطيفي لكميات الهطول السنوية واتجاهها العام في إقليم الجزيرة والفرات السوري (الموسى ، 2013) .

ويقوم اسلوب التحليل الطيفي بتحديد التقلبات المسؤولة عن تفسير التباين في السلاسل الزمنيه وتقدير نسبة التباين التي تفسره كل واحدة من تلك التقلبات، ويمكن تشبيهه باسلوب الانحدار المتعدد

حيث يساهم عدد من المتغيرات في تفسير التباين في المتغير التابع , والاختلاف بين التحليلين هو ان اسلوب التحليل الطيفي يحدد التقلبات الطيفية التي تفسر ذلك التباين.

2- المتوسطات المتحركة

المتوسطات المتحركة لفترة الدراسة (1960- 2013) حيث تعتبر المتوسطات المتحركة من أفضل الأساليب الإحصائية لتحديد الإتجاه العام لدرجة الحرارة، فقد استخدمه شحادة عام (1978) في دراسة الإتجاهات العامة والحديثة للحرارة في بلاد الشام.ودراسة غانم تحليل احتمالية هطول الامطار في المناطق الجافة وشبة الجافة في الأردن . وتمتاز بأنها تعطي فكرة واضحة عن طبيعة الإتجاه العام لدرجة الحرارة والتقلبات الحرارية طويلة المدى التي ترافقة، وقد استخدم في هذه الدراسة متوسطات متحركة طولها 7 سنوات وذلك لطول السجل المناخي للمحطات المستخدمة في الدراسة واستخدم هذا النوع من التحليل في الدراسة لتحديد الإتجاه العام لأمطار الشتاء في الاردن ولقرينة الناو خلال اشهر الشتاء (كانون الاول – أذار) وإبراز الشكل العام للإتجاه دون تشوهات حيث يعمل على التخلص من الذبذبات قصيرة المدى.

3- الفروقات المتجمعة (المنحنى التراكمي)

- استخدام اسلوب الفروقات المتجمعة لكافة المحطات المستخدمة في الدراسة للفترة (1960-2013) من أجل الكشف عن التغيرات التي تحدث في السلسلة الزمنية .

4- تحليل السلاسل الزمنية

يعد أسلوب تحليل السلاسل الزمنية Time Series Analysis من الأساليب الإحصائية الجديرة بالاهتمام، والتي تطورت كثيراً، ويعتمد أسلوب تحليل السلاسل الزمنية على تتبع الظاهرة (أو المتغير) على مدى زمني معين (عدة سنوات مثلاً)، ثم يتوقع للمستقبل بناءً على القيم المختلفة التي ظهرت في السلسلة الزمنية وعلى نمط النمو في القيم؛ وبهذا فهو يتفوّق على الأسلوب التقليدي، إذ إن الأسلوب التقليدي يحسب فرق القيمة بين زمنين اثنين فقط من السلسلة الزمنية ويبني التوقع المستقبلي على أساسهما، بدون مراعاة للنمط العام للسلسلة أو للارتفاع والانخفاض الذي يحدث لقيم السلسلة الزمنية المتصلة.

الفصل الثاني

الأمطار والتغير المناخي في الأردن

- **الأمطار في الأردن**
- **التوزيع الجغرافي للأمطار**
- **عوامل سقوط الأمطار**
- **التغير المناخي وأثره على درجة الحرارة والأمطار في الأردن**
- **التغيرات المتوقعة للأمطار ودرجة الحرارة**
- **التقلبات الحديثة في الأمطار**
- **أثر التغير المناخي على تذبذب شمال المحيط الأطلسي (NAO)**

الفصل الثاني

الأمطار والتغير المناخي في الأردن

مقدمة

يقع الأردن بين دائرتي عرض 11 ˚ 29 إلى 22 ˚ 33 شمالاً، و خطي طول 19 34 إلى 18˚39 شرقاً، ومعنى هذا أن الأردن يقع على الطرف الشمالي للإقليم الصحراوي والطرف الجنوبي لإقليم البحر المتوسط. وتتراوح الإرتفاعات من -400 م (تحت متوسط مستوى البحر) في البحر الميت إلى 1750 م في رم. " وتمتد المظاهر التضاريسيه في الأردن امتداداً طولياً من الشمال إلى الجنوب حيث أن المؤثرات البحرية تأتي من الغرب أي من البحر المتوسط، وهو المسطح المائي الذي له تأثيركبير على الأحوال المناخيه في الأردن أما المسطحات المائيه الأخرى مثل البحر الأحمر في خليج العقبة يأتي تأثيرها في المرتبة الثانية (فايد، 1971) .

الأمطار في الأردن

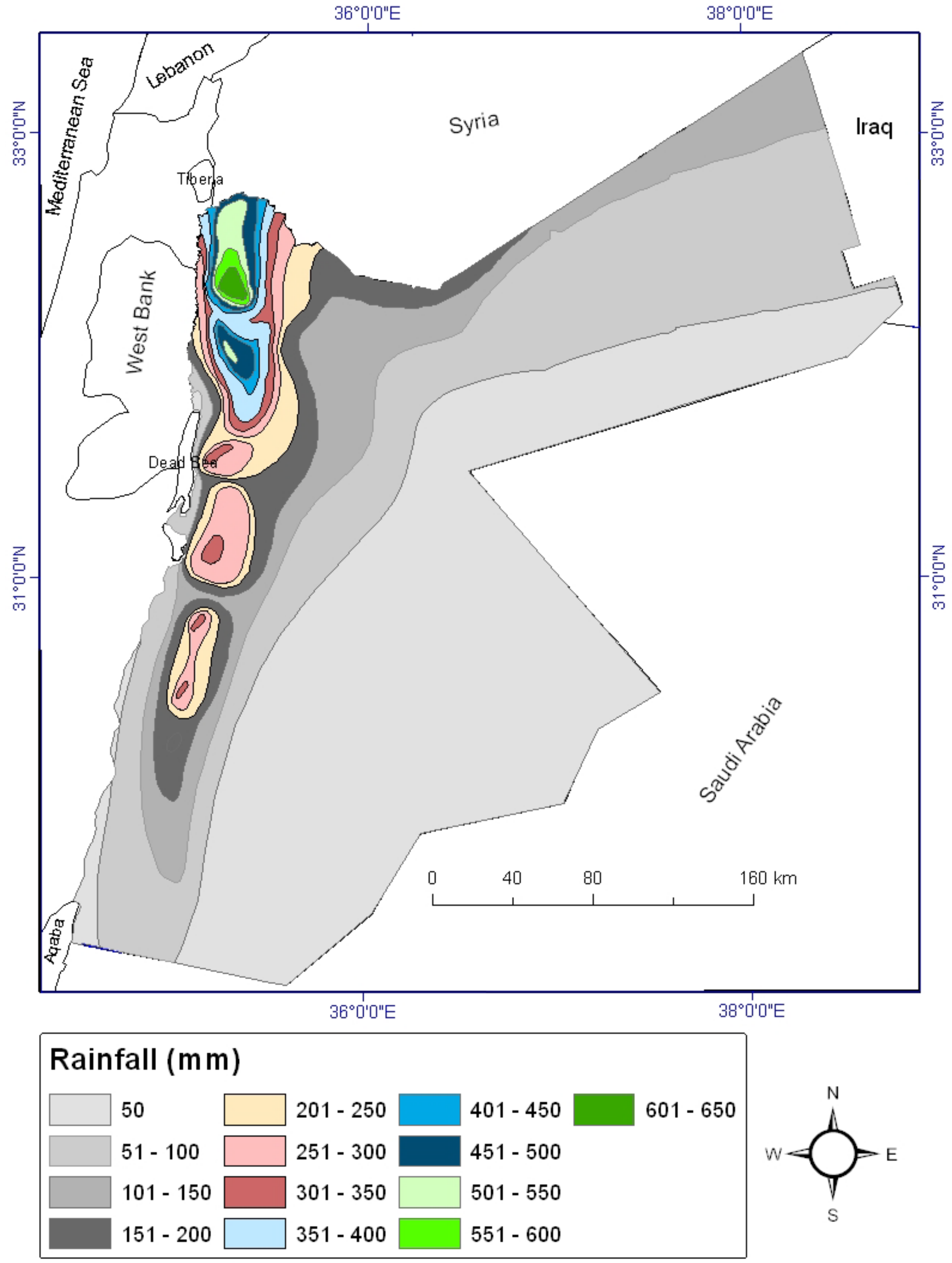
تعد الأمطار من الناحية المناخية مظهراً من مظاهر الهطول (Precipitation) الذي يشمل أيضاً كلاً من البرد والثلج. وتمتاز كل واحدة من تلك الظواهر الجوية بخصائص مميزة سواء من حيث الظروف الجوية المرافقة لتكونها أو من حيث توزيعها المكاني.

ومن أهم ما يميز مناخ الأردن التفاوت في درجات الحرارة بين الحار والجاف في مواسم الصيف وبين البارد والأقل برودة في مواسم الشتاء ويكون موسم سقوط الأمطار بين شهر تشرين الأول وأيار، ويكون 80% من معدل الأمطار بين شهر كانون الأول وآذار، ويكون معظم هطول الأمطار أثناء الموسم المطري ناتجاً عن المنخفضات الجوية عبر البحر المتوسط قرب قبرص، حيث يكون المناخ في اشهر الشتاء بارداً معتدلاً وأحياناً بارداً بمتوسط 13 درجة مئوية فأبرد الأشهر خلال موسم الشتاء شهر كانون الثاني. (دائرة الأرصاد الجوية، 2006).

التوزيع الجغرافي للأمطار

يقدر المعدل السنوي للأمطار في الأردن ب 113 مم فقط وهو معدل ليس كبيراً فأكثر من 90% من مساحة البلاد يقل معدل أمطارها عن 200مم، ولا يزيد عن 500 الإ في مساحة صغيرة تتركز في الجهات المرتفعة من جبال عجلون والبلقاء. ومن أهم العوامل التي تؤثر على الامطار السنوية في الأردن هي وقوعه إلى الجنوب من المسارات الرئيسية للمنخفضات الجوية، وإنفصاله عن البحر المتوسط بسلسلة المرتفعات الفلسطينية. فوقوع الاردن على الطرف الجنوبي للمناطق التي تتأثر بالمنخفضات المتوسطية قد جعل تأثره ببعض تلك المنخفضات تأثراً محدوداً. وهذا يلاحظ في المناطق الجنوبية التي تتأثر ببعض المنخفضات الجوية التي تسلك مسارات شمالية، كما أن مدة تأثيرها بالمنخفضات الأخرى أقل من المناطق الشمالية والوسطى. لذلك فإن الأمطار تتناقص من الشمال إلى الجنوبز (شحادة، 1990)

والشكل رقم (3) يوضح متوسط هطول الأمطار في الأردن وكذلك تناقص الهطول من المناطق الشمالية بإتجاه المناطق الجنوبية.



المصدر: (التقرير الأول لحالة البيئة في المملكة الأردنية، 2008)

شكل (3) متوسط هطول الأمطار في الأردن

وقد ساعد انفصال الأردن عن البحر المتوسط وامتداد المرتفعات الفلسطينية من الشمال إلى الجنوب على استقرار الكتل الهوائية أثناء هبوطها على السفوح الشرقية للمرتفعات الفلسطينية وهذا أدى إلى قلة الأمطار التي تسقط على وادي الأردن وكذلك على السفوح الشرقية قليلة الارتفاع.

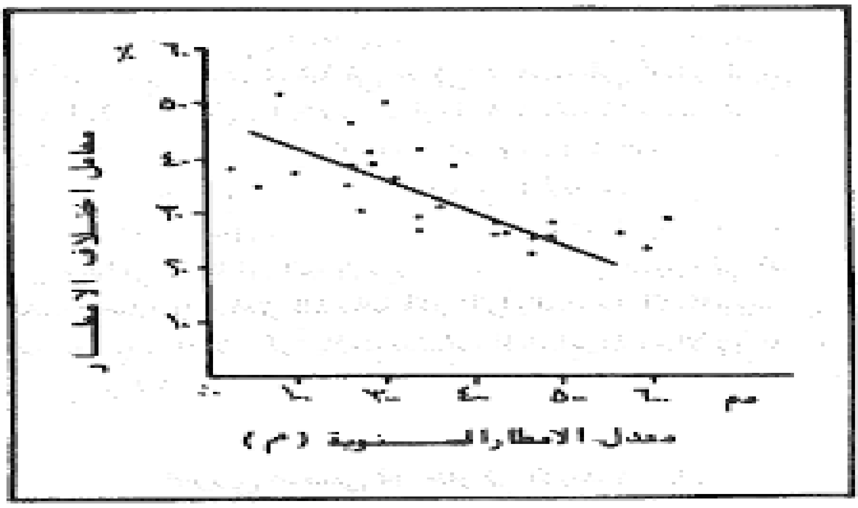
إختلاف الأمطار من سنة لأخرى

تتميز الأمطار في المناطق الجافة وشبة الجافة بكثرة تقلبها من سنة لأخرى فقد تسقط في أحدى السنوات أمطار تزيد على ضعف المعدل السنوي ، ثم تعقبها سنوات أخرى لا يسقط فيها إلا القليل من الأمطار. أما المناطق الرطبة فهي أكثر إنتظاماً وأقل تقلباً. وأهم عناصر التوزيع الجغرافي لمعامل اختلاف الأمطار السنوية في الأردن.

1- أقل المناطق تقلباً هي الأجزاء الغربية من محافظة اربد والأغوار الشمالية والوسطى حيث يقل معامل الاختلاف السنوي عن 25% وهو قريب من معاملات الإختلاف السنوي لأمطار المناطق الرطبة.

2- يزيد معامل الإختلاف زيادة مضطردة نحو الجنوب والشرق حيث يصل في الشوبك إلى 45% ويزيد في أقصى الجنوب الشرقي عن 70%.

3- تقترن زيادة تقلب الأمطار في الجنوب والشرق بتناقص المعدلات السنوية لتلك الامطار بحيث يمكن القول أنه كلما قلت الأمطار ازداد معامل اختلافها من سنة لأخرى كما يبين شكل رقم (4).(شحادة ، 1990)



المصدر: (شحادة،1990)

شكل (4) العلاقة بين الأمطار السنوية ومعاملات اختلافها من سنة لآخرى

التوزيع الفصلي للأمطار

يبدأ موسم الأمطار في تشرين الأول ويستمر حتى نهاية أيار. ويتفق موعده مع بداية تكون المنخفضات الجوية في البحر المتوسط وانحسار المرتفع الأوروبي نحو الجنوب وتطور الجبهه المتوسطية، وبالرغم من أن الفصل المطير يمتد من منتصف تشرين الأول إلى نهاية أيار تقريباً إلا أن معظم الأمطار تسقط في فصل الشتاء، وتأتي أمطار الربيع في المرتبة الثانية بعد أمطار الشتاء بينما لا تساهم أمطار الخريف إلا بنسبة تقل عن 15% من مجموع الأمطار السنوية، ويبين الجدول (2) التوزيع الفصلي للأمطار في عدد من المحطات المناخية والمناطق الجغرافية في الأردن، حيث تتركز نسبة الامطار في فصل الشتاء على المرتفعات الجبلية والمناطق الشمالية من المملكة.

جدول (2) التوزيع الفصلي للأمطار في الاردن (%)

المكان / الفصل	الخريف	الشتاء	الربيع
ج- المرتفعات الجبلية	12	62	26
اربد	14	60	26
مطار عمان	13	64	23
الشوبك	8	63	29
ب – وادي الأردن	15	60	25
الباقورة	16	60	24
دير علا	16	60	24
مطار العقبة	14	59	27
ج- البادية	19	50	31
الرويشد	21	58	36
المفرق	16	59	25
معان	20	50	30

المصدر: (شحادة، 1990)

ويعد شهر كانون الثاني أكثر شهور السنة هطولاً حيث بينت دراسة (شحادة، 1986) أن موعد تركز الأمطار يتأخر في الحوض الشرقي للبحر المتوسط كلما اتجهنا شرقاً أو جنوباً وهذا يعود إلى التوغل التدريجي للمنخفضات الجوية في المنطقة، كما أن نسبة التركز المطري تتناقص كلما ابتعدنا عن البحر المتوسط نحو الشمال أو الجنوب حيث يعزى تناقص نسبة التركز المطري نحو الجنوب الى زيادة تأثير عوامل أخرى على التوزيع الفصلي للأمطار مثل المنخفضات الخماسينية وحالات عدم الاستقرار الجوي، أما في الشمال فيرجع التناقص الى استمرار تأثر المنطقة بالكتل الهوائية الباردة والمنخفضات الجوية مدة أطول من السنة.

عوامل سقوط الأمطار

أهم العوامل التي تؤدي إلى سقوط الأمطار في الأردن هي: المنخفضات الجوية. وتأتي في المرتبة الثانية، خاصة خلال فصلي الربيع والخريف، حالات عدم الاستقرار الجوي المرتبطة بمنخفض البحر الأحمر وبغيره من المنخفضات الحرارية. وتقدر نسبة الأمطار المرتبطة بالمنخفضات الجوية وحدها أكثر من 85% من الأمطار السنوية بينما لا تزيد نسبة الأمطار المرافقة لحالات عدم الاستقرار الجوي عن 15%. وتختلف كمية الأمطار من منخفض جوي لآخر تبعاً لنوع المنخفض وعمقة ومساره ومدة تمركزه وعدد الجبهات الباردة المرافقة له والظروف السينيوبيتكية السائدة في طبقات الجو العليا. فالمنخفضات الخماسينية أو التي تسلك مسارات محاذية للسواحل الشمالية لقارة افريقيا أقل أمطاراً في العادة من المنخفضات الأخرى التي تتكون في الحوضين الأوسط والشرقي من البحر المتوسط. والمنخفضات الجوية العميقة والمركبة التي تكون مصحوبة بعدة جبهات باردة أكثر أمطاراً من المنخفضات الأخرى. ويؤثر مسار المنخفض الجوي على كمية الأمطار التي تسقط على الأردن فبعض المنخفضات الجوية التي تسلك مسارات شمالية عبر تركيا وشمالي سوريا ذات تأثير محدود في حين المنخفضات التي تكون مساراتها عبر البحر المتوسط وتتمركز مدة من الزمن بالقرب من جزيرة قبرص أو جنوب شرق تركيا فأن تأثيرها يكون كبير (شحادة، 1990).

المنخفضات الجوية ومواطن نشأتها

عندما تلتقي كتلتان من الهواء إحداهما باردة والأخرى دافئة، فإنهما لا تتمتزجان بسهولة، بل تحتفظ كل منهما بخصائصها، ويتكون بينهما سطح يعرف بالجبهه الهوائية (Air Front). فالجبهات هي عبارة عن سطوح تفصل بين أنواع مختلفة من الكتل الهوائية، وتمتاز بالتدرج في درجة الحرارة والرطوبة النسبية وكثافة الهواء، يستمد المنخفض الجوي طاقتة من تحول طاقة

الوضع التي تنشأ نتيجة وجود تدرج كبير لدرجة الحرارة وكثافة الهواء على طول الجبهة الجوية المصاحبة له إلى طاقة حركية ويتراوح عمر المنخفضات الجوية في العادة بين أربعة إلى خمسة أيام يكون الجو فيها مضطرباً وتسقط الأمطار على المنطقة التي تتأثر بالمنخفض والتي يتراوح قطرها في العادة بين 200-1000 كم، وبما أن المنخفضات الجوية تقع في نطاق الرياح الغربية فإنها تتحرك في العادة من الغرب إلى الشرق، وإن كانت مساراتها تنحرف أحياناً بإتجاه الشمال الشرقي. (شحادة، 2009).

المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط

يصبح جوض البحر المتوسط في فصل الشتاء منطقة مفضلة لتكون المنخفضات الجوية وتطورها (Cyclogenesis Area). حيث تقدر دائرة الأرصاد الجوية البريطانية المعدل السنوي لعدد المنخفضات الجوية التي تتكون فيه بستة وسبعين منخفضاً. حيث أن الجزء الأكبر من تلك المنخفضات يتكون في الحوض الغربي وجنوب جبال الاطلس. كما أن معظم هذه المنخفضات يتحرك في إتجاه شرقي أو شمالي شرقي، وفي أثناء حركتها تأثر على حالة الطقس في المناطق الواقعة بالقرب من مساراتها. ونظراً لموقع الأردن في الركن الجنوبي الشرقي من حوض البحر المتوسط فإنه يتأثر بمعظم المنخفضات التي تصل الحوض الشرقي للبحر المتوسط وبالمنخفضات المحلية التي تتكون في ذلك الحوض خاصة في منطقة الضغط المنخفض الذي يتمركز في فصل الشتاء فوق جزيرة قبرص وفي المياه المحيطة بها. وتعزى معظم التقلبات الجوية التي يتعرض لها الأردن في فصل الشتاء كالتقلبات في درجة الحرارة وإتجاه الرياح وسرعتها وسقوط الامطار وغيرها من الظواهر إإلى تأثره بسلسلة من المنخفضات الجوية

مواطن نشأة المنخفضات الجوية في حوض البحر المتوسط

يعتبر البحر المتوسط منطقة مفضلة لتكون المنخفضات الجوية خلال فصل الشتاء، إلا أن بعض مناطقه أكثر ملائمة من غيرها لتكون تلك المنخفضات، وأهم تلك المناطق هو خليج جنوه الذي يتكون فيه وحده إثنان وخمسون منخفضاً في السنة أو ما يعادل 69% من مجموع المنخفضات التي تتكون في حوض البحر المتوسط بأكملة. وتأتي بالمرتبة الثانية السفوح الجنوبية لجبال الأطلس حيث يتكون قرابة الأربعة عشر منخفضاً ما يعادل 18% من مجموع المنخفضات التي تتكون في حوض البحر المتوسط بأكملة وتعرف هذه المنخفضات بالمنخفضات الخماسينية حيث يغلب تكونها في فصل الربيع خاصة في الخمسين يوماً التي تعقب الإعتدلال الربيعي، أما المنخفضات التي تتكون في الحوضيين الشرقي والأوسط للبحر المتوسط فعددها قليل ولا يزيد على ثلاثة منخفضات

في السنة ما نسبته 4% من مجموع المنخفضات التي تتكون في الحوضين السابقين، وتقدر دائرة الأرصاد الجوية البريطانية المنخفضات الجوية التي يتعرض لها الحوض الشرقي للبحر المتوسط كل عام بثمانية وعشرين منخفضاً وتصنفها الي ثلاثة أصناف رئيسية، المنخفضات المتوسطية، المنخفضات الخماسينية، المنخفضات القبرصية. (شحادة، 1990)

الظواهر الجوية المرافقة للمنخفضات الجوية

أبرز الظواهر الجوية التي ترافق وصول المنخفض الجوي إلى الحوض الشرقي للبحر المتوسط هي تناقص الضغط الجوي وظهور سحب السمحاق الطبقي مؤذنه بإقتراب وصول الجبهه الدافئة. وعندما تصبح الجبهة الدافئة قريبة من المكان فإن مستوى السحب ينخفض، وتظهر في السماء سحب طبقية متوسطة. وعندما يصبح المنخفض على بعد 300 كم أو أقل تسقط أمطار خفيفة ومتقطعة ثم تتحول بعد فترة إلى أمطار غزيرة ومتصلة، وتزداد السحب انخفاضاً حتى

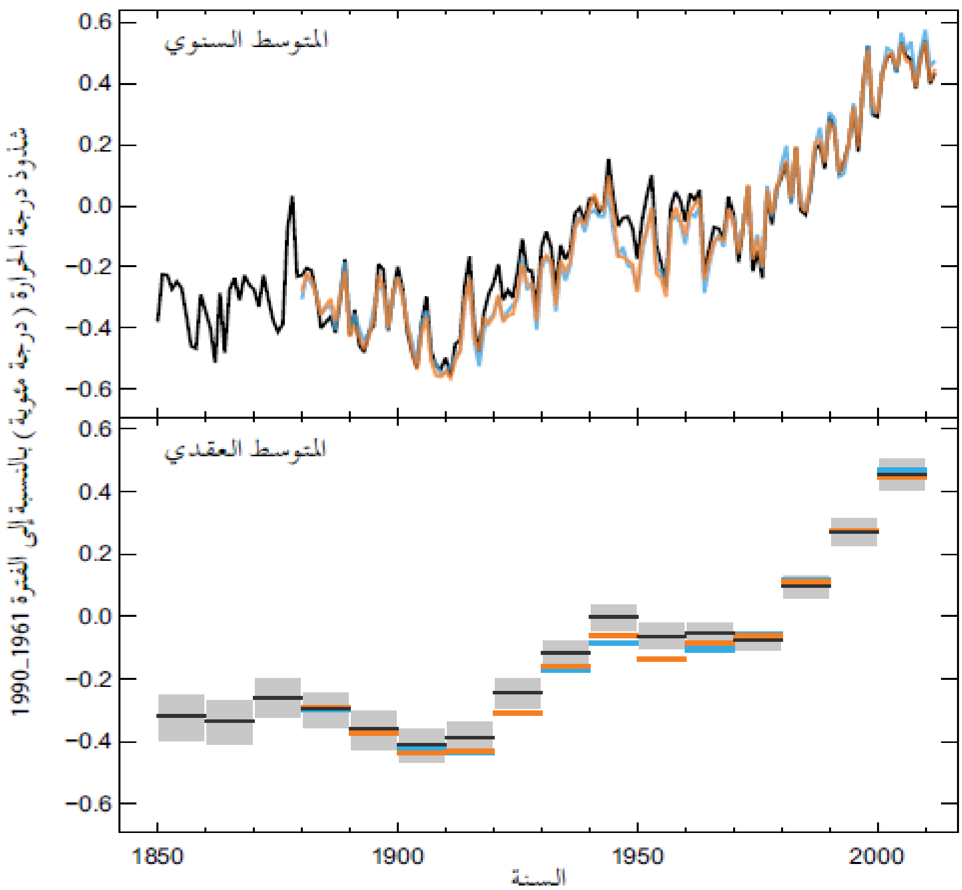
يقل ارتفاعها عن 500 م . أما عندما تمر الجبهة الدافئة فإن الرياح تتحول من جنوبية أو جنوبية شرقية إلى جنوبية غربية، ويطرأ ارتفاع على درجات الحرارة، ويتلاشى الضباب، وتتقشع الغيوم ويتوقف هطول الأمطار. وعندما تقترب الجبهة الباردة ينخفض الضغط الجوي سريعاً وتظهر في السماء بعض السحب العالية والمتوسطة، ثم تحل محلها سحب ركامية ومزن ركامي سميك وعندما تصل الجبهة الباردة تتحول الرياح إلى شمالية، أو شمالية غربية وتهطل الأمطار .

التغير المناخي وأثره على درجة الحرارة والأمطار في الأردن

يستخدم البعض مصطلح التغير المناخي (Climate Change) للتعبير عن ظاهرة الاحتباس الحراري ((Greenhouse Effectوما يترتب عليها من تغيرات مناخيه سواء من حيث درجة الحرارة/ الرطوبه/ الأمطار/ التبخر / التكاثف/ أو الأعاصير أو غيرها. والاحتباس الحراري مفهوم حديث، ويقصد به زيادة درجة الحرارة زيادة مطردة منذ بداية الثوره الصناعية في أوروبا. وينبغي هنا أن نميز هنا بين تقلبات درجة الحرارة والتي تمثل تقلبات طبيعية ليس للإنسان دخل فيها، ويبين التغير المناخي والذي يعني زيادة مطردة لدرجة الحرارة خلال فترة طويلة من الزمن وتمثل اتجاهاً مستمراً للتغير ناتج عن تلويث الانسان للغلاف الجوي. (شحاده، 2009)

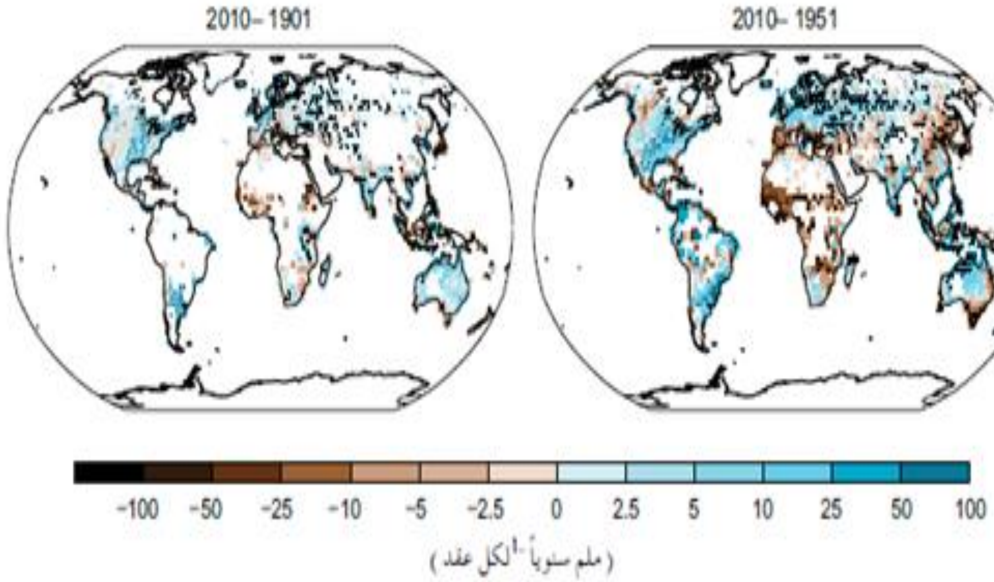
وبالتالي يمكن تعريف ظاهرة التغير المناخي بأنه "التغير في الظروف المناخية المعتادة كالحرارة وأنماط الرياح و الهطول التي تميز كل منطقة على الأرض خلال فتره طويله من الزمن.

لن تكون التغيرات التي تحدث في الدورة المائية العالمية استجابة للاحترار خلال القرن الحادي والعشرين منتظمة. فسوف يزيد التناقص في الهطول بين الأقاليم الرطبة والأقاليم الجافة وبين الفصول الرطبة والفصول الجافة، وأن كان من المحتمل أن تكون هناك استثناءات إقليمية من ذلك ، كما يبين الشكل رقم (5) الشذوذ في درجة الحرارة للمتوسط السنوي والمتوسط العقدي الذي يظهر في الفترة(1961 – 1990) ويلاحظ الزيادة في درجة الحرارة بشكل مضطرد بعد عام 1900 إلى عام 2012 ، كما يشير الشكل رقم (6) للهطول المطري على اليابسة ومدى التغير في هطول الأمطار السنوي للفترة (1901- 2010) . (IPCC.2013).



المصدر: (IPCC,2013)

شكل (5) الشذوذ الملحوظ في المتوسط العالمي لدرجة الحرارة السطحية لليابسة والمحيطات معاً (2012-1850)



المصدر: (IPCC,2013)

شكل (6) التغير الملحوظ في هطول الأمطار السنوي على اليابسة للفترة (1901 -2010) و (2010-1950)

وهناك اهتمام بالتغير المناخي على مستوى الدول العربية فتقرير المنتدى العربي للبيئة والتنمية "أفد " (AFED,2009) Arab Forum for Environment and Development، تناول أثر تغير المناخ على البلدان العربية وهو الثاني في سلسلة التقارير السنوية التي يصدرها المنتدى العربي " أفد "، وكشفت دراسة اجراها مركز الاستشعار عن بعد في جامعة بوسطن بتكليف من أفد تحليل سيناريوهات متنوعة لتأثيرات تغير المناخ خصوصاً على المناطق الساحلية، كما حدد التقرير المصادر الرئيسية لإنبعاثات الغازات الدفيئة في العالم العربي، والتي تبين أنها تساهم بأقل من 5% فقط من الانبعاثات العالمية. ولكن تأثير التغيرات المناخية على المنطقة يتوقع أن تكون كبيرة جداً، مما يتطلب تخطيطاً عاجلاً للتكيف مع تلك التغيرات، كما ذكر التقرير أن معظم البلدان العربية هي من اكثر البلدان في العالم تعرضاً للتأثيرات المحتملة لتغير المناخ، وأهم تلك التأثيرات إرتفاع معدل درجات الحرارة، وانخفاض كمية الامطار، وأرتفاع مستويات البحار، وتكرار موجات الحر والجفاف. وقد أظهر التقرير أثر إرتفاع درجات الحرارة على نواحي مختلفة من الحياه، فمن الناحية الصحية أظهرت دراسة أجراها " أفد " أن صحة البشر تتأثر سلبياً بزيادة درجات الحرارة وخاصة إذا رافقها زيادة في الرطوبة فهذا يسبب الضيق والإنزعاج للانسان، مما

يؤثر على السياحة، وأنتاج الغذاء وهذا ينعكس على اقتصاد البلد وعلى التنوع البيولوجي. (AFED ,2009)

تعد التغيرات المناخية من أهم الظواهر التى تسبب تحديات كبيرة على المستوى العالمي. وتتمثل هذه التغيرات فى الزيادات الكبيرة فى الإنبعاثات الكربونية، والتي أدت إلى تكون ظاهرة الإحتباس الحراري، ولاشك أن الأردن تتأثر بتلك التغيرات المناخية على نطاق واسع. حيث أشارت الكثير من الدراسات ومنها دراسة (صبري ،2000) لموجات الحر ودراسة (عنانبه،2011) لتأثير التغير المناخي على الامطار في الاردن ، ودراسة (الطراونه،2011) لاثر التغير المناخي على موجات الحر وغيرها من الدراسات ، الى التغير في درجات الحرارة، الأمطار، التنوع البيولوجي، وموجات الحر، والظواهر المتطرفة من فيضانات وجفاف وصقيع.

التغيرات المتوقعة للأمطار ودرجة الحرارة

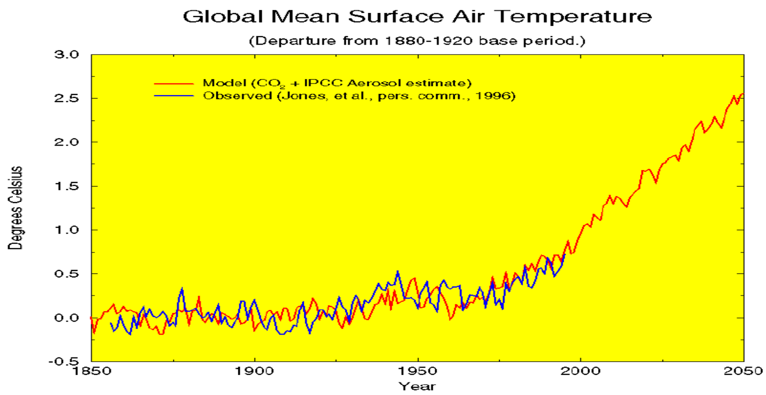
إن الصورة الخاصة بالتغير الذي سيطرأ على الأمطار في الأردن ليست بنفس سهولة ووضوح التغيرات المتوقعة على درجة الحرارة، ولكن كاراس يذكر أن معظم نماذج الدورة العامة للغلاف الجوي تتوقع أن يطرأ تناقص على أمطار الشتاء في معظم مناطق حوض البحر المتوسط خاصة الواقعة جنوب خط عرض 40 شمالا. أما المناطق الواقعة الى الشمال من ذلك الخط فإن من المتوقع أن تزداد الأمطار فيها ولو زيادة طفيفة(Karas,1995). ويذكر كاراس أيضا أن المناخ المتوقع لحوض البحر المتوسط- إذا استمرت الغازات الدفيئة في الزيادة – هو مناخ أكثر حرارة وأقل أمطارا. وأن من المتوقع أن تتناقص الأمطار فوق مناطق شاسعة من الحوض بما يتراوح بين 10% الى 40% بحلول عام 2100. ويذكر آري ايسار أن النتيجة الرئيسية المتوقعة للتغير المناخي على منطقة الشرق الأوسط هو المزيد من تناقص الأمطار (Issar,1996).

ومن الدراسات التي اشارت لحدوث تغير في أمطار الاردن دراسة (عنانبة، 2011) التأثير المحتمل للتغير المناخي لأمطار الشتاء في الاردن حيث تناولت الدراسة تحليل لخصائص الامطار خلال موسم الشتاء (كانون أول، كانون الثاني، وشباط) لعينة من المحطات المناخية التي تغطي منطقة الدراسة ومن اهم وأبرز النتائج التي تم التوصل اليها أن المعدل السنوي لسقوط الامطار يتجه نحو التناقص، كما وجد إتجاه عام لهذا التناقص للفترة 1990- 2010، وكذلك وجود تناقص في عدد الايام الماطرة،

وخلال الفترة الممتدة من 10 – 15 كانون الاول من عام 2013 تعرضت منطقة الشرق الاوسط لعاصفة ثلجية قوية عاصفة إليكسا حيث سقطت الثلوج لأول مرة في القاهرة منذ 112 عاماً، كما سقطت على كل من سوريا والاردن، وفلسطين كميات كبيرة غيرمسبوقة من الثلوج وصاحب الطقس البارد عاصفة قوية، كما انخفضت درجات الحرارة في الاردن إلى ما دون الصفر مما أدى موجة من الإنجماد والصقيع (WMO,2013) . وقد حدثت العاصفة إليكسا من 10-14 كانون الأول 2013 في الجزء الغربي من منطقة الشرق الأوسط. حيث سقطت ثلوج وأمطار وانخفضت درجات الحرارة وتسببت بالكثير من الأضرر في الممتلكات في المنطقة وعطلت 9 آلاف رحلة جوية وتعتبر أشد موجة تساقط ثلوج منذ قرابة 50 عاماً.

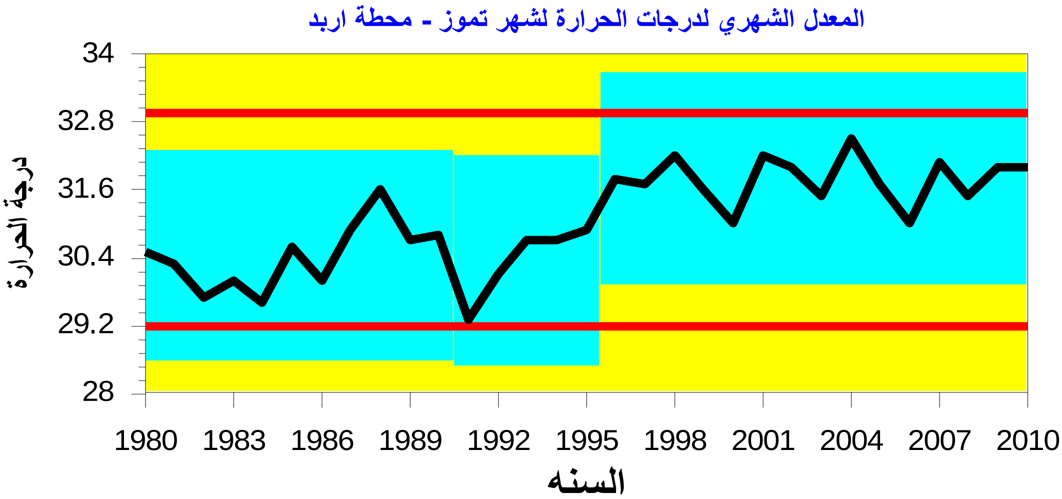
كما تعرضت الاردن لعاصفة ثلجية أخرى أطلقت عليها الأرصاد الجوية الأردنية والفلسطينية بأسم عاصفة هدى التي أمتدت خلال الفترة 6 - 12/ 2015/1 حيث سيطرت الاجواء الباردة والغائمة مع تساقط الثلوج على محتلف مناطق المملكة مما تسببت بتعطيل الدوائر والمؤسسات الحكومية وغير الحكومية في المملكة وإعاقت الحركة وصعوبة التنقل وكذلك إنقطاع التيار الكهربائي على مناطق عدة، حيث إنخفضت درجات الحرارة يوم 10 /1 إلى 10 درجات ما دون الصفر مما أدى لحدوث الصقيع والانجماد.

أما بالنسبة للتغير في درجات الحرارة العالمية يبين الشكل (7) معدل الزيادة المتوقعة لدرجة حرارة الكرة الأرضية حتى عام 2050. وكما ترتفع بمعدل متسارع (Accelerated Rate) بحيث يتوقع أن يصل الارتفاع في درجة الحرارة بنهاية عام 2050 إلى أكثر من 2.5م. وقد تم توقع درجة الحرارة حتى عام 2050 باستخدام نموذج خاص من النماذج المناخية المتطورة التي تأخذ بالاعتبار الزيادة المتوقعة في نسبة الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي. ويوضح الشكل (8) الزيادة الملحوظه في درجات الحرارة لشهر تموز في الاردن لمحطة مختارة.



المصدر: (IPCC,2007)

شكل (7) الزيادة المتوقعة لدرجة حرارة الكرة الأرضية للفترة 1850-2050



المصدر : (الطراونه، 2011)

شكل (8) المعدل الشهري لدرجات الحرارة لشهر تموز – محطة إربد

ومن أبرز آثار التغير المناخي زيادة عدد موجات الحر وشدتها (Hear Waves). فقد ذكر التقرير المعني بالتغير المناخي (IPCC,2008)، أن عدد موجات الحر التي تعرضت لها الولايات المتحدة خلال الخمسين سنة الماضية قد زاد كثيرا عما كانت تتعرض له قبل ذلك. ويذكر العلماء أن عدد

موجات الحر التي يتوقع أن تتعرض لها الأقطار الواقعة في الحوض الشرقي للبحر المتوسط خلال القرن الحالي سيزداد زيادة كبيرة وأن ذلك سيكون له تأثير سلبي كبير على السياحة والتنزه في المنطقة.

ولعل الزيادة في عدد موجات الحر التي يتوقع أن يتعرض لها الأردن وفلسطين وغيره من الأقطار الواقعة شرقي البحر المتوسط هو الزيادة المتوقعة في قوة كل من المنخفض الموسمي الذي يمتد خلال موجات الحر على شكل ذراع من الضغط المنخفض يصل إلى شمالي سوريا ويمتد تأثيره ليصل إلى الجزر اليونانيه أحيانا، حيث أشارت العديد من الدراسات والابحاث حول موضوع موجات الحر التي يتعرض لها الاردن إلى زيادة وتكرار موجات الحر التي تعرض لها الاردن في السنوات السابقة ومنها دراسة (صبري، 2000) لموجات الحر في الأردن ودراسة (الطراونه، 2011) عن أثر التغير المناخي على موجات الحر التي تعرض لها الأردن في فصل الصيف خلال الفترة الممتدة بين عامي (1980-2010) ،وذلك لتحديد الإتجاه العام لدرجة الحرارة العظمى، وتحليل الخصائص الإحصائية العامة لموجات الحر من حيث ؛العدد والطول والشدة، إذ تبين وجود إرتفاع في المتوسط الشهري لدرجة الحرارة العظمى ودرجة الحرارة اليومية، كما حاولت الدراسة الكشف عن الزيادة في عدد موجات الحر التي تعرض لها الأردن خلال الفترة الممتدة بين (1980-2010).

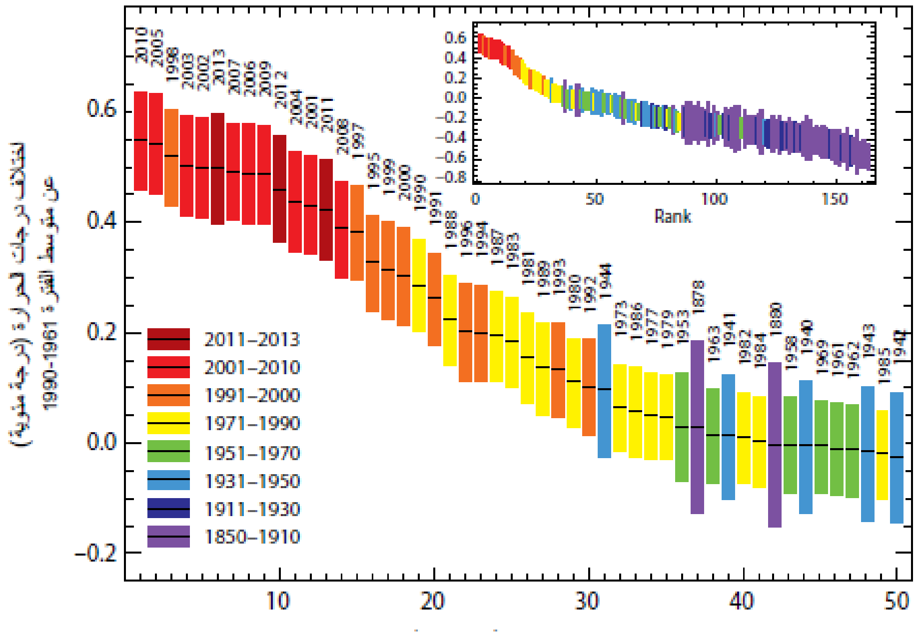
جدول(3) التوزيع التكراري لموجات الحر التي تعرض لها الأردن في شهر حزيران في محطة مطارعمان خلال الفترة (1980-2010)

عدد الموجات	عدد السنوات	النسبة المئوية
0	3	9%
1	8	25%
2	15	48%
3	4	12%
أكثر من 3	2	6%

المصدر : (الطراونه ، 2011)

وكما يذكر العلماء بإنه إذا استمرت الزيادة المتسارعة في نسبة الغازات الدفيئة في الغلاف الجوي، فإن درجة الحرارة ستزداد خلال القرن الحالي بمعدل يزيد عنه في فترة سابقة خلال العشرة آلاف سنة الماضية. وبالرغم من صعوبة التنبؤ بالاختلافات الإقليمية المتوقعة، فإن حوض البحر المتوسط سيكون من بين المناطق التي ستشهد زيادة ملحوظة لدرجة الحرارة.

و يذكر كاراس فإن من المتوقع أن تصل الزيادة المتوقعة لدرجة الحرارة بحلول عام 2100 إلى4مْ (Karas,1995). ومن المتوقع -كما يذكر كاراس أيضا- ألا تقل الزيادة المتوقعة عن 2م في الجزر وأشباه الجزر الواقعة في البحر المتوسط نفسه، بينما تزيد عن ذلك كثيرا في المناطق المحيطة بالبحر نفسه. ويبين لنا شكل رقم (9) يوضح ترتيب السنوات من عام 1850إلى عام 2013 من حيث الحرارة والبرودة، ويعد عام 2013 في أوروبا والشرق الأوسط سادس أحر عام مسجل في أوروبا وشهدت مناطق كثيرة درجات حرارة أعلى من المتوسط في بداية 2013 وسجل شمال شرق ايسلندا أحر فترة كانون الثاني – شباط المتوسط بمقدار 3 درجات مئوية.



المصدر: (المنظمة العالمية للأرصاد الجوية WMO، 2013)

شكل (9) ترتيب السنوات من الأحر إلى الأبرد

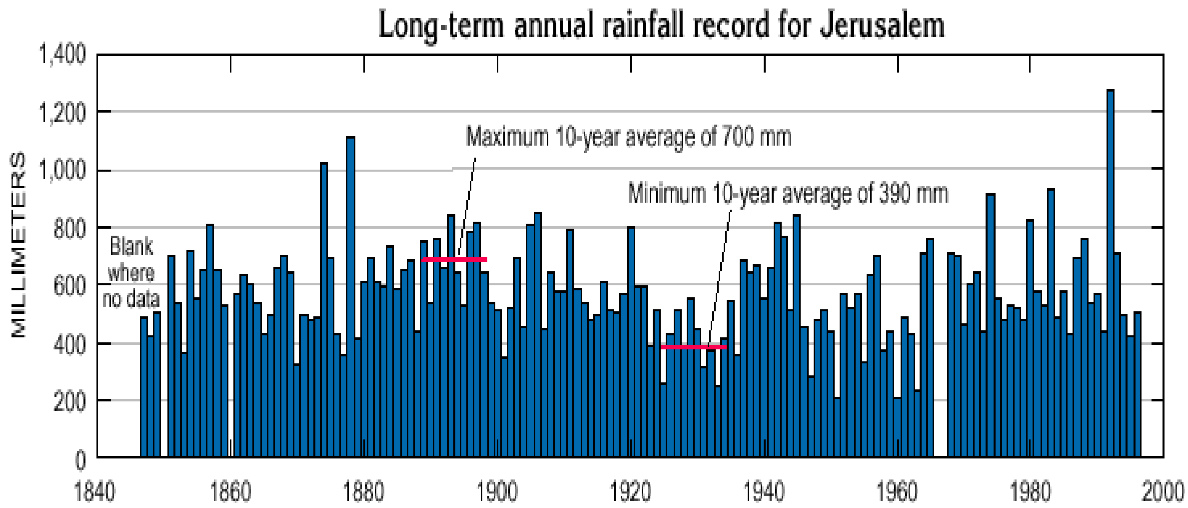
التقلبات الحديثة في الأمطار

أما بالنسبة للأمطار، فيمكن تلخيص أهم النتائج التي توصلت إليها الدراسات السابقة فيما يلي:

- شهدت الغالبية العظمى من المناطق الواقعة في حوض البحر المتوسط منذ عام 1900 تناقصا ملحوظا يصل إلى 5% من المعدل السنوي للأمطار.
- شهدت المناطق الواقعة في الركن الجنوبي الشرقي من حوض البحر المتوسط، منذ عام 1990، تزايدا ملحوظا في درجة الجفاف.

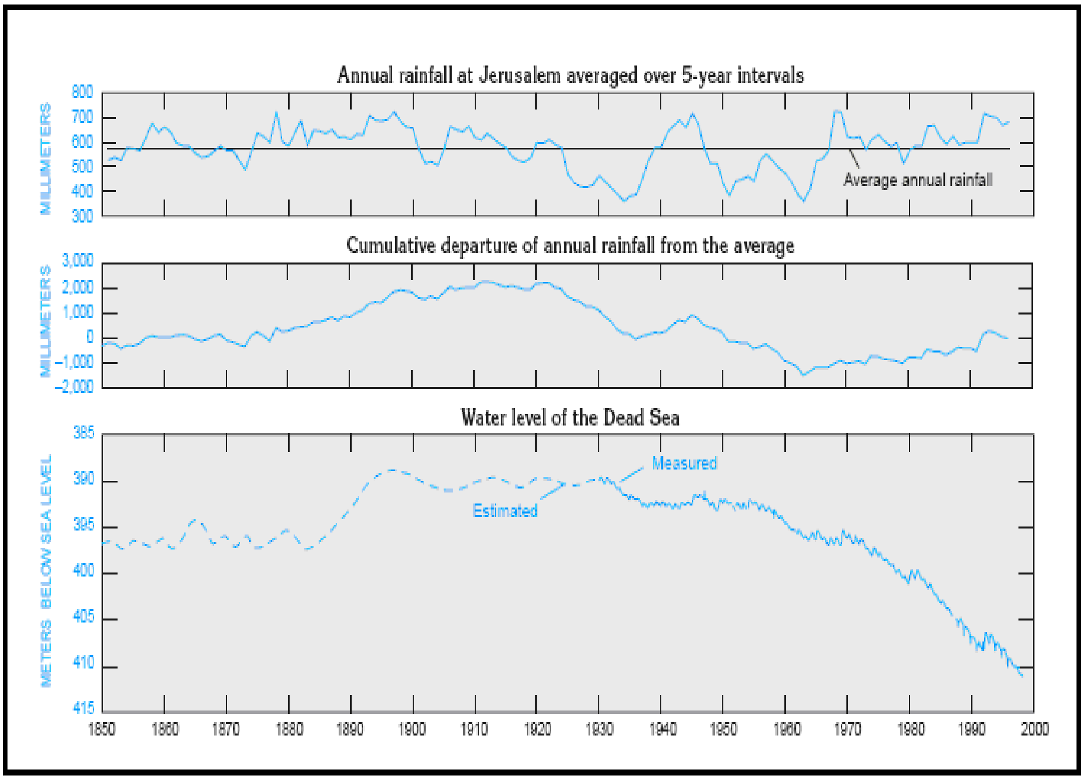
ويبين الشكل (10) الأمطار السنوية في القدس خلال الفترة1840 – 2000، كما يبين الشكل (11) مستوى سطح البحر الميت والاتجاه العام للامطار في القدس. ويمكن باستخدام هذين الشكلين استنتاج ما يلي:

- شهدت الفترة الواقعة بين عامي 1850 – 1925 تزايدا مضطردا في المجموع السنوي للأمطار في مدينة القدس. يبدوا ذلك واضحا في الشكل الذي يبين المجموع السنوي للأمطار وفي الشكل الذي يبين الفروقات التراكمية للأمطار السنوية عن المعدل. كما يبدو ذلك أيضا في ارتفاع منسوب سطح البحر الميت.
- شهدت الفترة الواقعة بين عامي 1930- 1965 تناقصا ملحوظا في مجموع الأمطار السنوية.
- يظهر في الأمطار السنوية اتجاها عاما نحو التزايد البسيط حتى عام 2000. ولا يظهر هذا الاتجاه في مستوى البحر الميت الذي لم يعد منسوب سطحه منذ عام 1970 مرتبطا بالأمطار السنوية بسبب زيادة استغلال مياه نهر الأردن وفلسطين وروافده والضخ من مياه البحر الميت (شحادة، تحت الطباعة).



(U.S. Geological Survey) :المصدر

شكل (10) معدل هطول الامطار السنوي في القدس 1840 -2000



(U.S. Geological Survey) :المصدر

شكل (11) الأتجاه العام للامطار في القدس، وأرتفاع منسوب سطح البحر الميت

أثر التغير المناخي على مؤشر (NAO)

استمرار انبعاث غازات الاحتباس الحراري أدى إلى تغيير النظام المنـــاخي للأرض، فـــإن أي تغيـــرات تحصـل ستؤثر على ذبـذبـــات المناخ الطبيعي للنظام. وقد قدمت أبحاثٌ أجريت مؤخرا دليلاً جديدا يعزز الفرضية القائلة إن الاحترار العالمي وتناقص جليد البحر في القطب الشمالي يؤثران حاليا في فصول الشتاء، وذلك بتعطيل المسارات الطبيعية للمؤشرNAO وهذا ما سيتم شرحه في الفصل القادم. حيث تشير تقارير برنامج المراقبة العالمية للغلاف الجوي التابع للمنظمة (WMO) إلى أن مستويات ثاني أكسيد الكربون وغاز الميثان وأكسيد النيتروز في الغلاف الجوي قد سجلت أرقاماً مرتفعة جديدة في عام 2012 حيث بلغ المؤشر السنوي لعام 2012 لغازات الإحتباس الحراري (1.32) الإدارة الوطنية للبيانات المناخية (NOAA ,2012).

الفصل الثالث

تذبذب شمال المحيط الأطلسي (الناو) وآثاره المناخية

- **المقدمة**
- **العوامل السينوبيتكية المؤثره على المناخ وتذبذب شمال المحيط الأطلسي (NAO)**
- **تحدر الضغط الجوي**
- **تذبذب القطب الشمالي AO وتذبذب شمال المحيط الأطلسي NAO**
- **مؤشر الناو (NAO) ودلالاته**
- **الإحتباس الحراري وأثره على تذبذب شمال المحيط الأطلسي**
- **التغيرات المناخية و تذبذب شمال المحيط الأطلسي**

الفصل الثالث

تذبذب شمال المحيط الأطلسي (NAO) وآثاره المناخية

المقدمـــه:

يشهد المناخ في شمال المحيط الاطلسي تقلبات كبيره، لذا من الضروري فهم تلك التغيرات لتقييم التقلبات المناخية المحتمله في المستقبل، وإلى أي مدى يمكن التنبؤ بهذه التقلبات، وبالتالي تقييم الآثار المحتمله لتغير المناخ، حيث أثبتت الدراسات أن جزء كبير من تقلب المناخ على حوض المحيط الأطلسي مرتبط ب (NAO)، ويحظى تذبذب شمال المحيط الأطلسي بإهتمام وآسع في ظل الأهتمام بالتغيرات المناخية، سواء على مستوى سطح الارض أو على مستوى طبقات الجو العليا. (Felis, et. al.,2004)

العوامل السينوبتيكية المؤثرة على تذبذب شمال المحيط الأطلسي و المناخ

يجمع علماء المناخ على أن المنخفض العلوي الأطلسي[1] هو العامل السينوبتيكي الرئيسي الذي يؤثر على حالة الطقس ليس فقط في غرب اوروبا وحوض البحر المتوسط بمجملة بل ايضاً يؤثر على حالة الطقس في بلاد الشام. ولهذ فإن فهم الدور الرئيسي الذي يقوم به ذلك المنخفض ضروري جدا لتفسير التغيرات المناخية التي حدثت في الماضي أو التغيرات المتوقع حدوثها مستقبلا بفعل تأثير الإنسان على الغلاف الجوي(anthropogenic forcing). وكما يذكر توماس فيليز ورفاقه، فإن تأثير المنخفض العلوي الأطلسي على مناخ منطقة الشرق الأوسط في الماضي والحاضر تأثير كبير. (Felis, et. al ,2004)

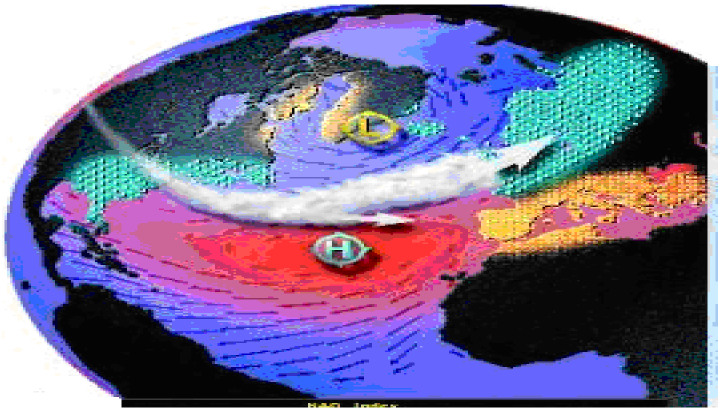
1) المنخفض العلوي الأطلسي

هو المنخفض الجوي الذي يظهر في خرائط الطقس العليا _ خاصة خرائط (500 ميليبار) td في الجزء الشمالي من المحيط الاطلسي. و يظهر هذا المنخفض على خرائط الطقس العليا على شكل

---

[1] المقصود بالمنخفض العلوي الأطلسي هو المنخفض الجوي العلوي الذي يظهر في خرائط الطقس العليا – خاصة خرائط ال500 ميلليبار – في النصف الشمالي من المحيط الأطلسي.

حوض علوي (Trough) يمتد بإتجاه الشمال، ومتن علوي (Ridge) يمتد بإتجاه الجنوب. ويظهر هذا المنخفض على خرائط الطقس السطحيه على شكل مركزين رئيسيين للنشاط الجوي وهما المنخفض الجوي الأيسلندي الذي يقع اسفل الحوض العلوي ومركز الضغط الأزوري المرتفع الذي يقع اسفل المتن العلوي، ويبين الشكل رقم (12) المنخفض العلوي الأطلسي الذي يمتد نحو أوروبا ويتكون نتيجة لتحدر الضغط الجوي بين مركزي الضغط المنخفض والضغط المرتفع .

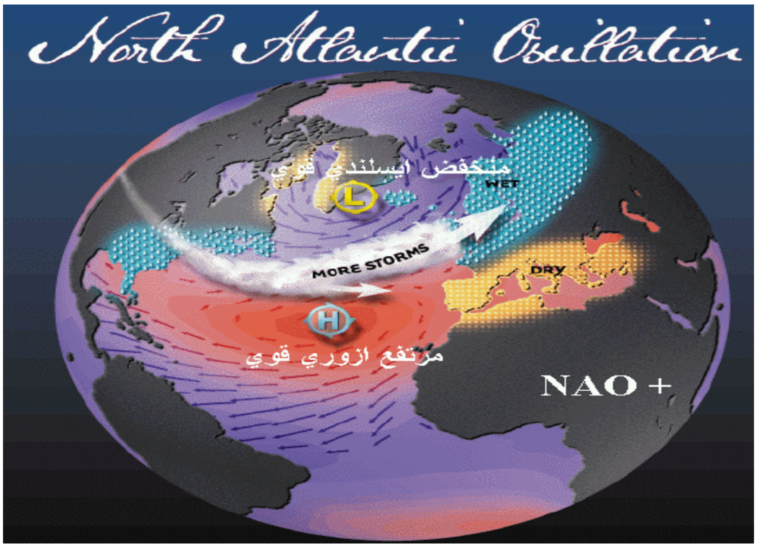


المصدر: (NOAA)

شكل (12) المنخفض العلوي الأطلسي

والواقع أن المنخفض العلوي الأطلسي يشكل المركز الرئيسي للنشاط الجوي الذي يؤثر على الأحوال الجوية في أوروبا وأمريكا الشمالية وشمال المحيط الأطلسي. ويعتبر فهم طبيعة عمل ذلك المنخفض والطريقة التي يؤثر فيها على الدورة العامة للغلاف الجوي في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ضروريا لفهم التغيرات المستقبلية المتوقعة للمناخ.

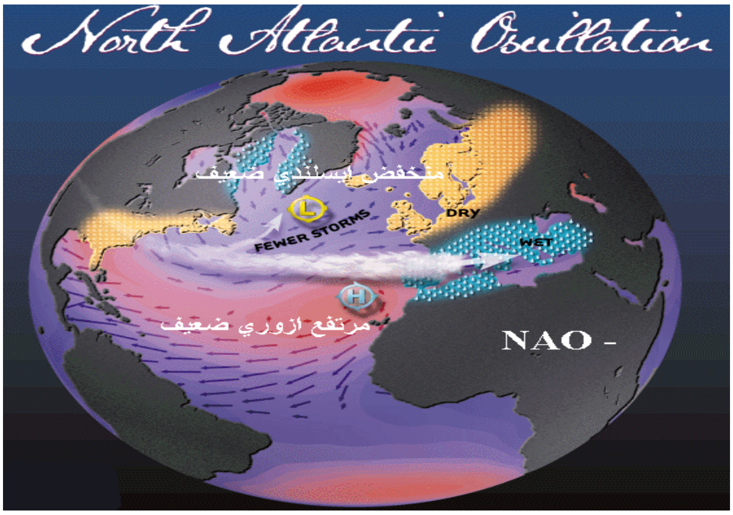
وعندما يكون مركز الضغط الأيسلندي والضغط الأزوري قويين يكون المنخفض العلوي قوياً ويؤدي ذلك إلى توغل الكتل الهوائية القطبية جنوبا، واندفاع الكتل الهوائية المدارية الدافئة إلى حوض البحر المتوسط. ويقترن ذلك أيضا بزحزحة التيار النفاث جنوبا ليقع فوق البحر المتوسط. يؤدي ذلك كله إلى تكون منخفضات جوية عميقة يكون مسارها في الغالب من الغرب إلى الشرق والشمال الشرقي كما هو مبين في الشكل رقم (13) .



المصدر: (NOAA)

شكل (13) منخفض علوي أطلسي قوي (+NAO)

أما عندما يكون المنخفض العلوي ضعيفا، فإن مركزي الضغط الأيسلندي والضغط المداري يكونا ضعيفان وتسود الرياح الغربية. ويقل في هذه الحالة وصول الكتل الهوائية القطبية إلى حوض البحر المتوسط ويقع التيار النفاث إلى الشمال من حوض البحر المتوسط ويقترن ذلك بحدوث عدد قليل من المنخفضات الجوية الضعيفة التي تسلك في الغالب مسارات تقع إلى الشمال من حوض البحر المتوسط ، كما هو مبين في الشكل رقم (14) الذي يوضح مسار المنخفض الضعيف من الغرب إلى الشرق .

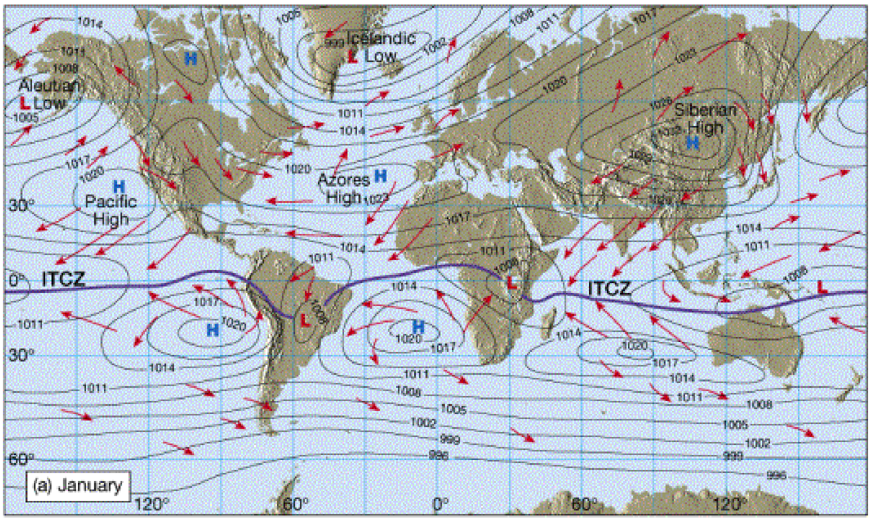


المصدر: (NOAA)

شكل (14) منخفض علوي أطلسي ضعيف (–NAO)

2) المرتفع السيبيري (Siberian High)

يصل إلى بلاد الشام و العراق جزء من المرتفع السيبيري، الذي يمنع حركة المنخفضات الجوية باتجاه الشرق، كما أن السماء تكون صافية و الحالة الجوية هادئة، و تسود رياح شرقية و شمالية شرقية جافة شديدة البرودة حينما يؤثر على المنطقة في فصل الشتاء. أما في فصل الصيف فيتراجع المرتفع السيبيري نحو الشمال و لا يؤثر في مناخ المنطقة. ويبين شكل رقم (15) المرتفع السيبيري وتوزع الضغط الجوي .



المصدر : (WWW.Arabia Weather.com)

شكل (15) خريطة توضح المرتفع السيبيري

حيث تتجمع كتلة ضخمة من الهواء البارد والبارد جدا فوق منطقة سيبيريا –شمال شرق اوراسيا، والهواء البارد مكوناً ضغط مرتفع.. لذلك يسود ضغط مرتفع في المناطق التي يؤثر عليها.. ولتشكله فوق مناطق قارية في عمق اليابسة فإن السمة الرئيسية له هي البرودة الشديدة والجفاف.و يتشكل هذا المرتفع نتيجة التبريد السطحي الشديد فوق تلك المناطق القارية -البعيدة عن اية مؤثرات بحرية- فموقع تلك المناطق في اقصى شمال الكرة الارضية يجعل من تأثير الاشعاع الشمسي ضعيفا جدا.

يؤدي انخفاض درجة حرارة اليابسة خلال فصل الشتاء إلى زيادة قوة المرتفع السيبيري وتمدده نحو الجنوب بحيث يصل إلى منطقة جنوب غرب آسيا مكوناً مركز ضغط مرتفع فوق هضاب ارمينيا والأنضول وشمال العراق. ويتوغل ذراع من ذلك المرتفع جنوباً بحيث يصل شمال الجزيرة العربية ويكون سداً منيعاً يحول دون توغل المنخفضات الجوية شرقاً إلا في الأوقات التي ينحسر فيها نحو الشمال أو الشرق. وتسود في الأيام التي يقع فيها الأردن تحت تأثير ذلك المرتفع رياح شرقية أو شمالية شرقية جافة وشديدة البرودة. وتنخفض درجة الحرارة في بعض الليالي دون درجة التجمد ويتكون الصقيع خاصة في المرتفعات الجبلية العالية مما يساعد على تكون الصقيع. (شحادة، 1990).

وبالرغم من الامتداد الافقي الضخم والهائل لهذا المرتفع.. إلا ان امتداده الرأسي ضحل.. فنادرا ما يتجاوز تأثيره ارتفاع 3000 م، فهو ناتج عن التبريد السطحي.. والهواء البارد ذو كثافة أعلى ، بالتالي لا يستطيع مواصلة حركته للأعلى.

تأثير المرتفع السيبيري على شرق المتوسط

يصل إلى بلاد الشام و العراق وشمال شبه الجزيرة العربية تأثير المرتفع السيبيري ابتداء من شهر تشرين الثاني –نوفمبر- وخصوصا في النصف الاخير، وهو يعمل كحاجز ونظام صد يمنع حركة المنخفضات الجوية باتجاه الشرق، ويحرفها اما باتجاه الشمال الشرقي أو يبقيها في وسط المتوسط .

3) المنخفض الإيسلندي

هو منخفض ضغط جوي شبه دائم يتمركز على شمال المحيط الأطلسي بين آيسلندا و جرينلاند و بين خطي العرض 60° و 65° ش. و يعتبر هذا المنخفض واحد من مراكز الضغط الجوي الأساسية لنصف الكرة الأرضية الشمالي. و تظهر الخرائط اليومية للرصدات الجوية على النصف الشمالي للكرة الأرضية عدداً من المنخفضات و المرتفعات الجويه مرتبطة بالتقلبات الجوية على طول الجبهة القطبية الفاصلة بين الكتل الهوائية الباردة و الكتل الهوائية الدافئة.

و يسجل مركز المنخفض الآيسلندي متوسط ضغط جوي عند مستوى سطح البحر في شهر يناير يساوي 996 هيكتوباسكال ما يعادل 17 هيكتوباسكال تحت معدل الضغط الجوي عند مستوى

سطح البحر (1013 هيكتوباسكال). في حين يسجل مركز منخفض ألوشيان متوسط ضغط جوي عند مستوى سطح البحر من أجل شهر يناير يساوي 1002 هيكتوباسكال أي أنه يفوق المنخفض الآيسلندي بـ 6 هيكتوباسكال. رغم إن منخفض ألوشيان و منخفض آيسلندا يعتبران ليس مداريين، فإن هذا الأخير يتمركز نحو القطب أكثر و الامتداد على طول حافة تيار الخليج المتجه نحو القطب. في حين أن منخفض ألألوشي ينزاح شيئاً ما بإتجاه خط الاستواء بسبب حصر جزر ألوشيان للمياه الدافئة للمحيط الأطلسي في بحر برينغ. و يتسع المنخفض الآيسلندي خلال فصل الشتاء حينما يكون البحر أدفئ نسبيا من اليابسة. بينما يتقلص حجمه كثيرا خلال فصل الصيف عندما تصبح اليابسة أكثر دفئا و البحر أكثر برودة.

خلال فترات شدة الدورة الجوية يلتحم منخفض آيسلندا و منخفض ألألوشي ليغطيا مناطق شاسعة. و يشكل منخفض آيسلندا إلى جانب مرتفع الآزوري عنصرا أساسيا في ظاهرة تذبذب شمال المحيط الأطلسي الذي يؤثر على طقس و مناخ أوروبا و غرب شمال أفريقا. كما يمكن ربط التغير الحديث لحركة الجليد البحري للقطب الشمالي بقوة المنخفض الآيسلندي حيث إن هذا الأخير يؤثر في توزيع الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر فوق جزء كبير من المحيط المتجمد الشمالي و المياه المجاورة له. (wikipedia)

4) المرتفع الأزوري

يمتد المرتفع الأزوري خلال فصل الشتاء فوق شمال افريقيا، ويتصل أحياناً بالمرتفع السيبيري ويكونا معاً نطاقاً متصلاً من الضغط المرتفع الذي يمتد في أواسط أوراسيا وشمال افريقيا. وترتفع درجة الحرارة في الأيام التي يكون الاردن فيها واقعاً تحت تأثير ذلك المرتفع كما تصفو السماء وتهدأ الرياح. أما عندما يتغير محور ذلك المرتفع ويمتد نحو الشمال الشرقي مكوناً ضغطاً مرتفعاً فوق الحوض الغربي للمتوسط وشبة جزيرة ليبيريا، حيث يجبر الرياح القطبية الباردة على الدوران حوله ودخول حوض البحر المتوسط على شكل تيار قوي ليكون منخفضات جوية عميقة. وعندما ينحسر المرتفع الأزوري عن الحوض الغربي للمتوسط ويمتد فوق شمال افريقيا فإن مركز الثقل في تكون المنخفضات الجوية ينتقل من الحوض الأوسط للمتوسط إلى الحوض الغربي. ولا يتحرك من تلك المنخفضات نحو الشرق إلا عدد قليل. أما أغلبها فيسلك مسارات شمالية أو شمالية شرقية نحو منطقة البلقان ووسط أوروبا. وتأثر تلك المنخفضات على الاردن تأثيراً محدوداً.

5) التيارات النفاثة (Jet Stream)

ومن العوامل السنيوبيتكية التي تؤثر على المناخ التيار النفاث وهو مصطلح مناخي يطلق على نطاق طولي من الرياح العليا شديدة السرعة تتجاوز سرعة بعضها 385كم / الساعة. ويزيد سمك التيار النفاث على 1000 متر، ويتراوح عرضة بين 500 – 650 كيلو متر ويقترن ظهوره في السماء بنطاق طويل من السحب شديدة الارتفاع، ويتغير المستوى الذي توجد علية التيارات النفاثة بين الصيف والشتاء وهو يزيد عموماً على سبعة كيلومترات، إلا أن بعض التيارات النفاثة التي تزيد سرعة الرياح فيها على 100كم / الساعة تظهر أحياناً بشكل مفاجئ على ارتفاعات منخفضة جداً لا يزيد على 300 متر، وتشكل خطراً كبيراً على الطيران المنخفض خاصة في الليل.

يوجد في النصف الشمالي عادة تياران نفاثان رئيسيان، يعرف الأول منهما بالتيار القطبي النفاث (Polar Jet Stream) ، ويتفق موقعة مع موقع الجبهة القطبية. ويعرف الثاني بالتيار النفاث شبه المداري (Sub–tropical) ويتفق موقعة مع نطاق الضغط المداري المرتفع ويتطابق طرفة الشمالي مع خط عرض 30 شمالاً، أهم المناطق التي توجد فيها التيارات النفاثة هي المنطقة الواقعة بين درجتي عرض 30- 35 وهذا يدل على وجود علاقة بين الموقع المفضل لتلك التيارات وبين معدل انتقال الطاقة بين المناطق المدارية والقطبية الذي يبلغ أقصاه عند خط عرض 35 شمالاً، والتيارات النفاثة لا تظهر على الخرائط المناخية لانها تغير موقعها من يوم لآخر ولأنه يوجد أكثر من تيار واحد في طبقة التروبوسفير. (شحاده ، 2009)

ويلاحظ أن التيارات النفاثة أقوى في فصل الشتاء منها في فصل الصيف، كما أن مساراتها في النصف الشمالي تتزحزح خلال فصل الشتاء بإتجاه الجنوب بحيث تصبح جهات واسعة من حوض البحر المتوسط معرضة لتلك التيارات. حيث تختلف درجة الحرارة على جانبي التيارات النفاثة فيوجد الهواء البارد على الجهة القطبية من التيار، بينما يتجمع على الجهة المدارية هواء دافئ،

وتؤثر هذه التيارات في حركة المنخفضات واتجاهاتها والتعرجات التي تظهر في مساراتها وتؤثر على سقوط الأمطار وكثير من مظاهر الطقس كما وجد أن موقع التيارات وحركتها تؤثر على التوزيع الجغرافي للأمطار في جنوب غرب اسيا، فهي تؤثر على تحديد المناطق المفضلة لنشأة المنخفضات الجوية وتوزيع الضغط الجوي ولأهمية موضوع الضغط الجوي والرياح وتأثيرهما على الناو سيتم مناقشتها في هذا الفصل. (شحاده ، 2009)

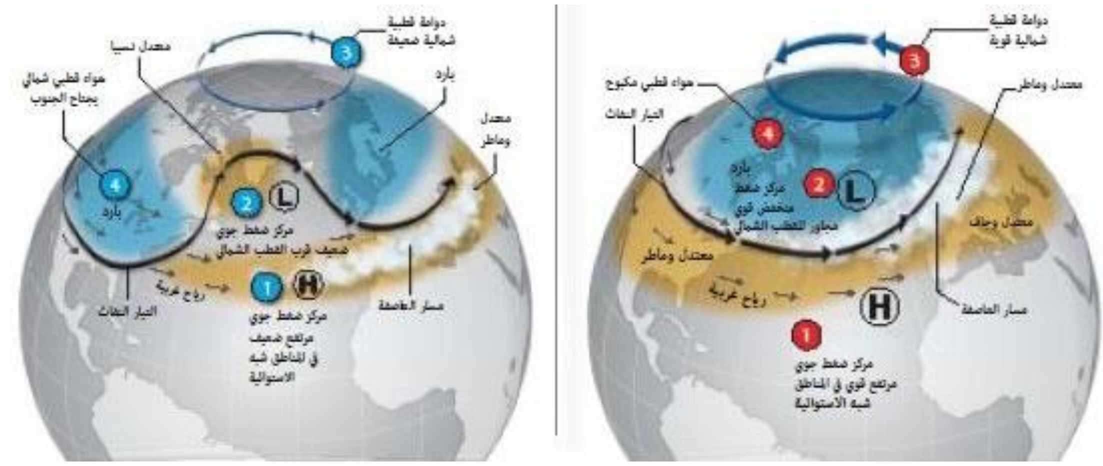
6) تحدر الضغط الجوي (Pressure Gradient)

عندما يكون الضغط الجوي في منطقة معينة أعلى منه في المناطق المحيطة، تصبح تلك المنطقة مركز للضغط الجوي المرتفع (High Pressure Center). أما إذا كان الضغط الجوي في تلك المنطقة أقل منه في المناطق المحيطة فإنها تصبح مركزاً للضغط الجوي المنخفض (Low Pressure Center) وتتحرك الرياح من مراكز الضغط الجوي المرتفع إلى مراكز الضغط المنخفض حيث أن الاختلافات في توزيع الضغط الجوي يؤثر في حركة الرياح ويؤثر دوران الأرض حول محورها على اتجاه الرياح فيحرفها إلى يمين اتجاهها في النصف الشمالي وإلى يسار اتجاهها في النصف الجنوبي لذلك فإن الرياح بدل أن تهب مباشره من مراكز الضغط المرتفع الي مراكز الضغط المنخفض فإنها تدور حول مراكز الضغط المنخفض في حركة معكسة لحركة عقارب الساعة، بينما تخرج من مراكز الضغط المرتفع في حركة تشبة حركة عقارب الساعه. يعرف معدل تناقص الضغط الجوي بين مراكز الضغط المرتفع ومراكز الضغط المنخفض بتحدر الضغط الجوي (Pressure gradient) ، فكلما كان معدل التناقص سريعاً اشتد تحدر الضغط وقويت الرياح. أما إذا خف تحدر الضغط فإن الرياح تصبح ضعيفة ومتغيرة الاتجاه، وكلما كان الانحدار شديد كانت الرياح شديدة وقوية، وتمثل شدة تحدر الضغط الجوي على خرائط الطقس بتقارب خطوط تساوي الضغط الجوي والعكس كلما ضعف التحدر تباعدت الخطوط. (شحادة، 2009)

تذبذب القطب الشمالي (AO) وتذبذب شمال المحيط الأطلسي

يرجع العلماء عوامل التأثير على المناخ في مواسم الشتاء الباردة جداً إلى تذبذبين مناخيين يشار إليهما باسم تذبذب القطب الشمالي (AO) Arctic Oscillation وتذبذب شمال المحيط الأطلسي (NAO). وينشأ التذبذبين عن تفاعلات تجري بين الغلاف الجوي والمحيط، والتي تظهر أبرز تأثيراتها الملحوظة خلال فصل الشتاء. ويُرمز إلى قوة كل تذبذب من هاتين الدورتين بمؤشر يقيس الشذوذ أي الانحرافات عن المعدل الطويل الأجل في توزع الضغط الجوي فوق منطقة معينة خلال فصل الشتاء. وفي حالة مؤشر تذبذب القطب الشمالي AO تكون المساحة واسعة جدا بحيث تشمل معظم النصف الشمالي من الكرة الأرضية، من القطب الشمالي باتجاه الجنوب حتى حدود المنطقة الاستوائية عند خط العرض 20° شمالا. ويمكن أن يكون المؤشر AO إما إيجابيا أو سلبيا، إذ تقابل القيم الإيجابية الضغوط الجوية التي تكون أقل من المعدل في منطقة القطب الشمالي وأكبر من المعدل في المنطقة شبه الاستوائية. وخلال المراحل الإيجابية للمؤشر AO تؤدي الضغوط الجوية المنخفضة بصورة شاذة في القطب الشمالي إلى تقوية الدوامة القطبية، وهي عبارة عن جريان مستمر للرياح في أعلى الغلاف الجوي التي تهبُّ من الغرب إلى الشرق حول القطب الشمالي. وتعمل الدوامة القطبية القوية على احتجاز كتل الهواء القطبية الباردة في شمال الدائرة القطبية ، ويبين الشكل رقم (16) الحالات السالبة والحالات الموجبة لكلا التذبذبين حيث تضعف الرياح الغربية في الحاله السالبة لتذبذبين معاً ، في حين تكون الرياح الغربية قوية تساعد على تشكل المنخفضات الجوية وتوجهها من الغرب الى الشرق في الحالة الموجبة لتذبذبين. (AO) و(NAO)

(Greene ,et,al.2007) .



المصدر: (NOAA)

شكل (16) الحالات الموجبة للمؤشرين (AO) و(NAO) على اليمين والحالات السالبة لنفس المؤشرين على اليسار

كيف تحدث التغيرات ؟

بإمكان ظاهرتين مناخيتين طبيعيتين معروفتين مثل دورة القطبي الشمالي (AO) ودورة المحيط الأطلسي الشمالي (NAO) أن تؤثرا بقوة في الطقس الشتوي بالولايات المتحدة وأوروبا. وكلتا الظاهرتين تظهران معا إما في حالة إيجابية أو في حالة سلبية، وهما حالتان متزامنتان. وقد غيّر التناقصُ الشديد في جليد البحر في القطب الشمالي أثناء فصل الصيف المناخَ بطرق ملائمة لظهور أحوال سلبية للمؤشرين AO وNAO، مما أدى إلى حلول فصول شتوية أكثر قساوة.

وفي المقابل، فإنه خلال المراحل السلبية للمؤشر AO، تعمل الضغوط الجوية المنخفضة بشكل شاذ في القطب الشمالي على إضعاف الدوامة القطبية بحيث تصبح أقل قدرة على احتجاز كتل الهواء القطبية الباردة، مما يسمح لهذه الكتل الهوائية الباردة باجتياح خطوط العرض الوسطى باتجاه الجنوب وإطلاق هبَّات من الطقس البارد وهطول متزايد للثلوج. وتكون المناطق الساحلية الشرقية في الولايات المتحدة وشمال أوروبا عرضة بشكل خاص لمثل هذه الأحوال الجوية خلال الفترات التي تحدث فيها حالات قوية من المؤشر AO السلبي.(Hurrell,1997)

أدت أحوال غير عادية في الغلاف الجوي إلى حدوث مزيج غريب من الطقس القارس البرودة والطقس الدافئ في الولايات المتحدة وأوروبا سنة 2012. فعادة يكون المؤشران AO وNAO متوافقين، فإما أن يكونا إيجابيين معا أو سلبيين معا. ففي الشتاء الماضي كانا إيجابيين معا في الشهر 12 وأوائل الشهر 1، إلا أن المؤشر AO الإيجابي ما لبث أن تحول إلى سلبي ابتداء من منتصف الشهر 1 حتى أوائل الشهر 2. وأدى هذا التغير إلى هبوب هواء قطبي شمالي اجتاح أوروبا الوسطى والشرقية جالبا معه طقسا ثلجيا شديد البرودة. وفي الوقت نفسه نَجَمت عن مزيج من المؤشر AO السلبي وحالات ظاهرة النينيا في المحيط الهادي أحوالٌ جوية ثلجية شديدة البرودة في ألاسكا. كما أن النينيا أثرت أيضا في مسار التيار النفاث عبر شمال الولايات المتحدة، مما سمح لهواء دافئ من خليج المكسيك بالتحرك صعودا نحو المناطق الشرقية من الولايات المتحدة. **(Greene ,et,al.2007).**

مؤشر تذبذب شمال المحيط الأطلسي (NAO) ودلالاته

أما بالنسبة إلى مؤشر NAO، فإنه يُميز حالات من الشذوذ في توزع الضغط الجوي خلال فصل الشتاء فوق رقعة أصغر بكثير تغطي القطاع الأطلسي من نصف الكرة الأرضية الشمالي بين مركز الضغط الجوي المرتفع شبه الاستوائي قرب جزر الآزور ومركز الضغط الجوي المنخفض في المنطقة المجاورة للقطب الشمالي قرب أيسلندا.، إن مؤشر NAO قد يكون إما إيجابيا أو سلبيا. وتقابل القيم الإيجابية لهذا المؤشر الضغوط الجوية التي تفوق المعدل قرب المنطقة شبه الاستوائية العليا، وتلك التي تكون أدنى من المعدل قرب المنطقة المجاورة للمنطقة القطبية الشمالية الدنيا. وخلال الأحوال الإيجابية للمؤشر NAO، فإن فروقات الضغط الجوي تقوي الرياح الغربية التي تهب على مدار السنة من الغرب إلى الشرق عبر خطوط العرض الوسطى في نصف الكرة الشمالي، كما أن هذه الفروقات في الضغط الجوي توجه التيار السريع للهواء الذي يدور حول الأرض المعروف باسم التيار النفاث الذي سبق الأشارة إليه للسير في مسار يتجه نحو الشمال الشرقي انطلاقا من الساحل الشرقي لأمريكا الشمالية باتجاه شمال أوروبا. وتتبع العواصف الشتوية التي تعبر المحيط الأطلسي الشمالي أيضا مسارا مماثلا جالبة معها إلى شمال أوروبا طقساً أكثر اعتدالاً وهطولاً للأمطار، ويحدث العكس في شرق البحر

المتوسط حيث تعمل الناو الموجبة على صد المنخفضات الجوية وتحويل مسارها إلى شمال شرق أوروبا أما إذا كان المؤشر سالباً فهذا يسمح للمنخفضات الجوية شمال البحر المتوسط بالإتجاه نحو مناطق الشرق الأوسط والتأثير على مناخ المنطقة مما يؤدي لهطول امطار وثلوج حيث يكون الشتاء بارد في هذه المناطق. وفي المقابل، فإنه خلال المراحل السلبية للمؤشر NAO تعمل الفروقات المُنخفضة في الضغط الجوي على إضعاف الرياح الغربية، ويقوم التيار النفاث المغادر من أمريكا الشمالية باجتياح المناطق الشمالية بحدة أكبر ليصل إلى غرينلاند قبل أن يدور ملتفا حول محوره ليتجه نحو أوروبا. ومع ذلك، فإن مسار العاصفة في هذه الحالة يحيد عن التيار النفاث ليعبر المحيط الأطلسي الشمالي متجها بشكل مباشر نحو جنوب أوروبا وحوض البحر الأبيض المتوسط جالبا معه إلى بلدان هذه المناطق طقسا أكثر هطولا للأمطار وأكثر اعتدالا، فيما يسود شمال أوروبا طقس بارد وجاف. (Greene ,et,al.2012)

الإحتباس الحراري وأثره على دورة المحيط الإطلسي الشمالي (NAO)

أن الجانب الإيجابي للمؤشر NAO هو الذي كان مهيمناً، مما أدى إلى حدوث فصول شتوية أكثر برودة وأكثر هطولا للثلج عن المعدل على امتداد الساحل الشرقي للولايات المتحدة. وليس هناك من سبب للشك في أن ذلك العقد من الطقس الشتوي العاصف والقاسي لم يكن إلا نتيجة للتقلب الطبيعي المتوقع لمؤشر NAO. حيث كان المؤشر NAO خلال الفترة من سبعينات إلى تسعينات القرن الماضي إيجابيا في الأغلب، ما عدا أنه كان سلبيا بشكل عرضي في الشتاء. وقد تزامنت فصول الشتاء المعتدلة الناجمة عن ذلك مع ازدياد الوعي المجتمعي بالتغير المناخي العالمي، مما دفع العديد من العلماء إلى افتراض أن ازدياد التركيزات في غازات الاحتباس الحراري قد يكون هو السبب وراء ما بدا أنه استمرار طويل غير عادي لفصول شتوية يتحكم فيها المؤشر NAO الإيجابي. وقد تنبأت الأنماط التي أشارت إليها الهيئة الحكومية IPCC بأن هذا التوجه سوف يستمر مع الارتفاع المطرد في انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ومع ذلك، فإن هيمنة فصول شتوية بمؤشر إيجابي قوي لكل من المؤشرين AO وNAO آلت إلى الزوال في النصف الثاني من تسعينات القرن الماضي.(IPCC,2014)

هناك علاقة بين ازدياد غازات الاحتباس الحراري في الجو والمؤشر NAO. فالتسارع في تضخم مشكلة القطب الشمالي بدءا من أواخر تسعينات القرن الماضي. فبعد أن أثر الاحتباس الحراري على مناخ الدائرة القطبية الشمالية، دخلت الأحوال المناخية في فترة أطلق عليها العلماء اسم الفترة الدافئة في القطب الشمالي. وقد تميزت هذه الفترة بحدوث انحسار سريع لجليد البحر في القطب الشمالي، وتناقص صفحة الجليد في غرينلاند، وذوبان مساحات شاسعة من الجليد والأنهار الجليدية القارية. وضمن كل تغير من هذه التغيرات عمليةٌ يطلق عليها اسم «التغذية الراجعة الألبيدو الجليد، التي يتضاءل فيها انعكاس أشعة الشمس الساقطة على منطقة ما مع ذوبان غطائها الجليدي لتظهر تحته أرضٌ داكنة أو سطح مياه البحر.فانحسار جليد المحيط في الصيف يؤدي إلى انكشاف المزيد من مياهه على أشعة الشمس الساقطة. ويؤدي امتصاص هذه الأشعة إلى زيادة حرارة المياه السطحية التي ينجم عنها شكلان مهمان من التغذية الراجعة: أولا، يعمل جزء من هذه الزيادة في حرارة المياه على تعزيز عملية ذوبان جليد البحر في وقت الصيف. وثانيا، يطلق المحيط تدريجيا الكثير مما تبقى من الحرارة الزائدة إلى الغلاف الجوي خلال فصل الخريف، مما يؤدي إلى ارتفاع الضغط الجوي وزيادة الرطوبة في منطقة القطب الشمالي، في الوقت الذي يعمل فيه على إنقاص فروقات درجات الحرارة بين القطب الشمالي وخطوط العرض الوسطى.

وأي زيادة في الضغط الجوي ودرجة الحرارة يؤثران على ظهور أحوال جوية خاصة بالمؤشر NAO السلبي خلال فصل الشتاء. ويؤدي هذا الوضع إلى إضعاف التيار النفاث، والتأثير على خطوط العرض الوسطى.

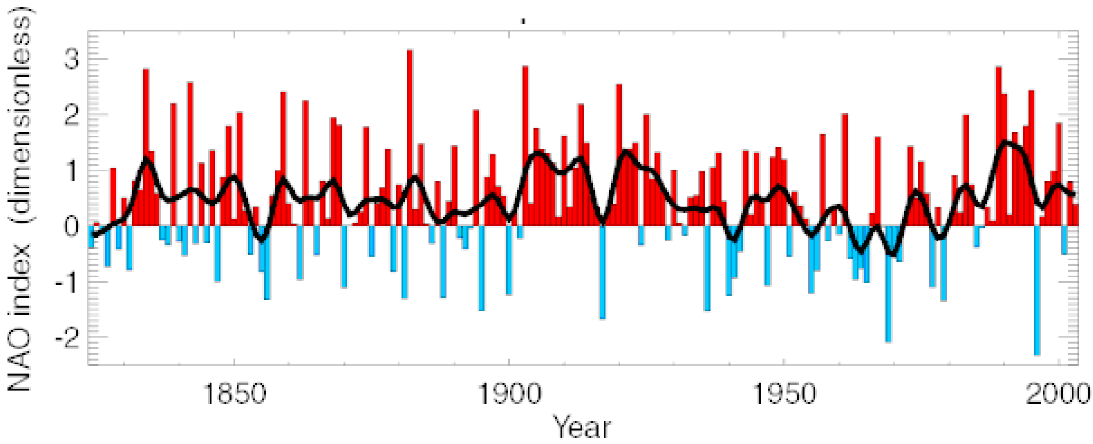
التغيرات المناخية ودورة المحيط الأطلسي الشمالي

تحظى دورة المحيط الأطلسي باهتمام واسع في ظل الاهتمام بالتغيرات المناخية، سواء على مستوى سطح الأرض أو على مستوى طبقات الجو العليا. تظهر تغيرات مناخية جلية على أوروبا وغرب شمال أفريقيا نتيجة للتغير في شدة الدورة النطاقية على شمال المحيط الأطلسي وتنقل مراكز الضغط الجوي.

وتتحدد شدة الغربيات في العروض الوسطى ،وبالتالي تنقل الهواء الدافئ والرطب نسبيا من شمال المحيط الأطلسي نحو أوروبا أو غرب شمال أفريقيا انطلاقا من تدرج (انحدار) الضغط بين مرتفع الآزوري ومنخفض إيسلاندا. وقد أظهر جيمس هورِل وآخرون في منتصف التسعينيات أنه على السلم الزمني بين السنوي إلى العقدي، تقوى أحوال دورة المحيط الأطلسي (أو الطور الموجب) مصحوبا بتنقل كل من مرتفع الآزوري ومنخفض إيسلاندا نحو شمال و الشمال الشرقي. وموازاة مع ذلك، تشتد الدورة الجوية النطاقية على شمال المحيط الأطلسي وأوروبا وتشتد كذلك الرياح النطاقية بأسفل التروبوسفير بين خطي العرض 50° و 60° شمالا.

فتنتقل معظم المنخفضات الجوية على شمال المحيط الأطلسي نحو شمال أوروبا مصحوبة بتساقط الأمطار وبارتفاع في درجات الحرارة، في حين تهيمن ظروف دورة مرتفع جوي على كل من وسط وجنوب أوروبا وكذلك غرب شمال أفريقيا. ويلاحظ عكس ذلك خلال الأطوار السالبة للتذبذب عندما ينتقل كل من مرتفع الآزوري ومنخفض إيسلاندا نحو جنوب الجنوب الغربي وتضعف الغربيات. فيصاحب ذلك توالي المنخفضات الجوية على جنوب أوروبا وغرب شمال أفريقيا، في حين تهيمن أجواء الضغط المرتفع على شمال أوروبا.

وكما في الشكل رقم (17) يبين ظاهرة ال (NAO)من عام 1850م إلى عام 2003م واللون الأحمر يبين ظاهرة NAO+ على وسط وشمال اوروبا اما اللون الأزرق يبينNAO_ على حوض البحر المتوسط وخصوصا الجزاء الاوسط والشمال الشرقي.



المصدر : (NOAA,2014)

شكل (17) مؤشر الناو في فصل الشتاء من 1850 -2003

ففي عام 2010 كان تذبذب شمال المحيط الأطلسي في طوره السالب خلال معظم السنة وخاصة خلال موسم الشتاء 2010/2009 في نصف الكره الشمالي الذي يظهر وفقاً لمعظم المؤشرات أقوى تغير سلبي موسمي مسجل لتذبذب شمال المحيط الأطلسي وكذلك تذبذب المنطقة القطبية الشمالية ،حيث كان عام 2010 هو أحر عام مسجل في كل من نصف الكرة الشمالية وأفريقيا، كما كان أحر عام مسجل بالنسبة إلى ست مناطق هي غرب إفريقيا والصحراء الكبرى / المنطقة العربية ومنطقة البحر المتوسط وجنوب آسيا ووسط جنوب غرب آسيا وغرينلاند مما إنعكس سلباً على الأمطار .

(NOAA,2014)

الفصل الرابع

علاقة دورة المحيط الأطلسي الشمالي (NAO) بالأمطار في الأردن

- الخصائص الاحصائية العامة لقرينة الناو والأمطار الفصلية
- السلاسل الزمنية لقرينة الناو والأمطار في الأردن
- نتائج المتوسطات المتحركة (Moving Averages)
- نتائج الفروقات المتجمعة (Cumulated Sums)
- نموذج الإنحدار الخطي البسيط (Simple linear regression)
- التحليل الطيفي (Spectral analysis)
- منحنى التحليل الطيفي (Power Spectrum Curve)
- منحنى التحليل الطيفي المشترك (Cospectrum Curve)

الفصل الرابع

علاقة تذبذب شمال المحيط الأطلسي (NAO) بالأمطار في الأردن

مقدمـة

لقد تعددت وتنوعت الأساليب الإحصائية المستخدمة في هذه الدراسة وذلك بهدف تحديد طبيعة العلاقة بين دورة المحيط الأطلسي الشمالي (NAO) والمجموع الفصلي للأمطار لأشهر الشتاء (كانون الأول، كانون الثاني، شباط، أذار) خلال فترة الدراسة (1960- 2013) ، من خلال تحليل البيانات الخاصة بقرينة الناو وبالأمطار الفصلية والسنوية لمجموعة من المحطات المناخية المختارة والموزعة على جميع انحاء المملكة وهي: (معان، مطار عمان، الجامعة الأردنية، المفرق، الشوبك، إربد، رأس منيف، السلط) بحيث يتوفر لهذه المحطات الشروط التالية:

1- وجود سجل مناخي طويل يغطي فترة الدراسة.

2- التوزيع الجغرافي المناسب للمحطات لتمثل المملكة.

وفي هذا الفصل تم تحليل ودراسة البيانات الشهرية الخاصة بقرينة الناو والأمطار في الأردن لأشهر الشتاء من خلال تحليل السلاسل الزمنية الخاصة بالمتغيرين السابقين وتحليل نموذج الأنحدار الخطي لتحديد الإتجاه العام للتساقط ومقارنة نتائج التحليل بنتائج دراسات سابقة خاصة بمنطقة الحوض الشرقي للبحر المتوسط والتي أثبتت وجود تناقص في تساقط الأمطار وتأثير دورة المحيط الاطلسي على أمطار المنطقة.ومن هذه الدراسات التي أثبتت نتائجها تناقص كبير في هطول الأمطار وخاصة في فصل الشتاء دراسة إيميلي وبلاك للامطار الشهرية واليومية في فلسطين والأردن . ودراسة (Heidi ,2002) لتذبذب شمال المحيط الاطلسي وتأثيره على الامطار في منطقة الحوض الشرقي للبحر المتوسط .

الخصائص الإحصائية العامه لقرينة الناو والامطار الفصلية

يبن الجدول رقم (4) بعض الخصائص العامة لمجموع الأمطار الفصليه لثمان محطات مناخية ونلاحظ من خلاله قيم المتوسط الحسابي حيث كانت أعلى هذه القيم في(محطة السلط، رأس منيف، الجامعة) وهي على التوالي (473.36، 458.53، 402.95) ملم، كما يلاحظ أن المحطات نفسها سجلت خلال الأربعة شهور أعلى تساقط مطري وبنفس الترتيب (محطة السلط، رأس منيف، الجامعة الأردنية، اربد) . حيث سجلت محطة السلط ورأس منيف خلال فترة الدراسة أقصى تساقط مطري بلغ خلال أشهر الشتاء (1046)ملم من الفتره 19960-2013 في السلط يليها رأس منيف (920) ملم. من الجدول السابق نلاحظ التباين بين المحطات في الخصائص الإحصائية العامة للامطار الفصلية في الاردن خلال فترة الدراسة (1960-2013) .

جدول (4) الخصائص الإحصائية العامة لمجموع أمطار الشتاء في محطات الدراسة خلال الفترة (1960-2013)

اسم المحطة	الوسط الحسابي Mean	الانحراف المعياري Std.dev	أقصى تساقط مطري / Maximum	أدنى تساقط مطري / minimum
السلط	473.36	160.01	1046	185
رأس منيف	458.53	152.12	920	192
اربد	374.24	120.44	783	144
مطار عمان	209.37	83.13	403	75
معان	94.54	60.38	262	4.1
المفرق	117.13	47.172	262	52
الجامعة الأردنية	402.95	148.279	830	172
الشوبك	226.78	115.985	524	75.50

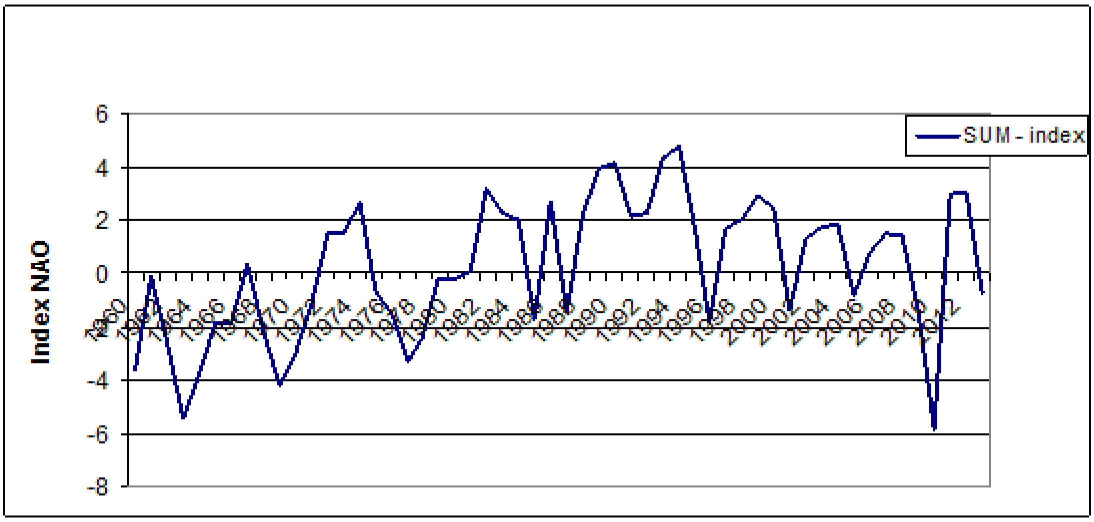
المصدر : إعداد الباحثه

أما بالنسبة لقرينة الناو (NAO) فقد تم جمع البيانات الخاصة بالمؤشر خلال أشهر الشتاء والمنشورة في الموقع الخاص بالناو. WWW. COM North Atlantic Oscillation.

لنلاحظ الخصائص الإحصائية العامة لقرينة الناو كما يشير الجدول (5) .

جدول (5) الخصائص الإحصائية العامة لقرينة الناو خلال أشهر الشتاء لجميع المحطات

القرينة	الوسط الحسابي	الإنحراف المعياري	القيمة العظمى	القيمة الصغرى
NAO	0.289	2.476	4.78	5.82-



المصدر : إعداد الباحثه

شكل (18) المجموع الشهري لقرينة الناو (NAO) للفترة (1960-2014)

يلاحظ من خلال الشكل رقم (18) تذبذب واضح في مؤشر الناو بين السالب والموجب خلال مدة الدراسة لتكون NAOسالبة لبعض السنوات وموجبة في سنوات أخرى كما في سنة 1989 إلى 1995 حيث استمرت الناو موجبة في هذه السنوات لتعود لطورها السالب خلال الفترة 1996- 1998، لتتباين بعد ذلك قيمة مؤشر الناو بين السالب والموجب لتعود في الفترة الأخيرة للقيمة الموجبة التي أستمرت من 2012-2013.

يبين جدول رقم (6) خصائص إحصائية عامة لمجموع الأمطار السنوي في محطات الدراسة خلال الفترة (1960- 2013) ونلاحظ أن قيم المتوسط الحسابي بلغت في السلط (541,86) ملم وانحراف معياري بلغ (190,155) ملم لتسجل المحطة أعلى نسبة هطول مطري بلغ (1190,70) ملم وذلك يعود للموقع الجغرافي لسلط بالاضافه إلى التضاريس التي تعد عاملاً رئيسي مؤثر في هطول الامطار ، في حين سجلت معان أقل هطول مطري خلال فترة الدراسة (116,40) ملم حيث تقع الى الجنوب من المملكه فالاختلاف في درجات العرض يؤثر على هطول الأمطار وكذلك البعد عن المسطحات المائيه له تأثير على الهطول خاصه في المناطق الجنوبيه ، وكانت قيمة المتوسط الحسابي بنفس المحطة (41,01) ملم بإنحراف معياري (25,77) .

جدول (6) الخصائص الإحصائية العامة لمجموع الأمطار السنوي لمحطات الدراسة خلال الفترة

(2013-1960)

اسم المحطة	الوسط الحسابي Mean	الانحراف المعياري Std.dev	أقصى تساقط مطري / Maximum	أدنى تساقط مطري / minimum
السلط	541.86	190.155	1190.70	100.50
رأس منيف	558.70	143.64	877.70	63.50
اربد	448.75	187.44	1037.60	15.20
مطار عمان	249.47	92.44	450.30	31.60
معان	41.01	25.77	116.40	4.00
المفرق	148.93	55.92	289.20	20.00
الجامعة الأردنية	477.78	143.69	891.21	219.20
الشوبك	315	105.16	464.00	.20

المصدر : إعداد الباحثه

و جدول رقم (7) يوضح المعدل الشهري لكميات الأمطار الساقطة في محطات الدراسة خلال الفترة (1960-2013) ، حيث يظهر من خلال الجدول التباين في كميات الأمطار خلال أشهر الشتاء ويلاحظ أن شهر كانون الثاني هو أكثر الاشهر تساقطاً للامطار في جميع المحطات وذلك بسبب سيطرة المنخفضات الجويه القويه وزيادة عددها في هذه الفترة ، في حين كانت محطة السلط هي أكثر المحطات هطولاً للامطار في جميع الاشهر بسبب موقعها الجغرافي وتأثرها بالعديد من المنخفضات ، حيث بلغ الهطول في شهر كانون الاول (110,82) ملم وفي كانون الثاني (143,35) ملم أما في شباط وأذار بلغ الهطول على التوالي (125,95، 92,45 ملم كما هو موضح في الشكل رقم (19) ، وكان أقل الهطول في محطة معان لجميع الأشهر لتأثرها بحالات

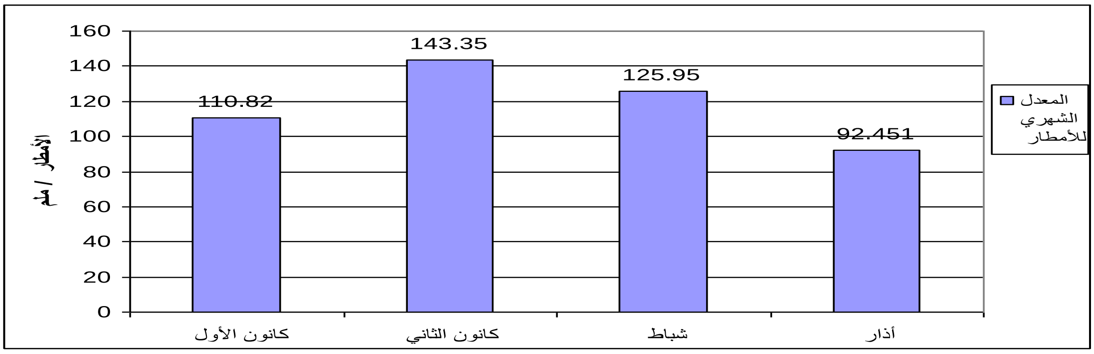
عدم الاستقرار الجوي أكثر من المنخفضات التي تتكون خلال اشهر الشتاء بالاضافه إلى العوامل الاخرى المؤثره على هطول الامطار الموقع جغرافي ، درجة العرض ، البعد او القرب من المسطحات المائية ، عددالمنخفضات وشدتها .

جدول (7) المعدل الشهري لكميات الأمطار الساقطة في محطات الدراسة خلال الفترة

(2013-1960)

المحطة	كانون الأول / ملم	كانون الثاني /ملم	شباط / ملم	أذار /ملم
الشوبك	52.57	71.72	53.71	47.96
الجامعة الأردنية	93.91	119.73	108.34	79.03
المفرق	26.60	34.88	29.85	25.13
معان	21.31	28.04	24.47	21.71
مطار عمان	48.55	61.76	55.34	29.37
رأس منيف	111.95	132.58	119.40	92.25
اربد	89.05	103.81	99.53	80.23
السلط	110.82	143.35	125.95	92.45

المصدر : إعداد الباحثه



المصدر : إعداد الباحثه

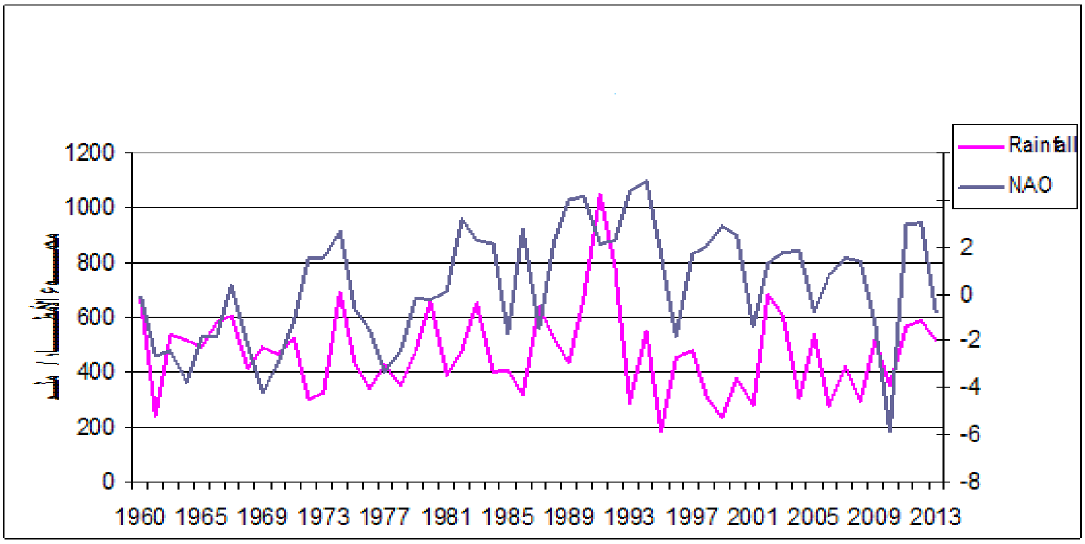
شكل (19) المعدل الشهري لكميات الأمطار الساقطة في محطة السلط خلال الفترة

(2013-1960)

لقد شهدت محطة اربد ، رأس منيف ، والسلط اكثر تساقط مطري خلال فترة الدراسة وذلك يعود لوقعها في المناطق الشمالية ولتضاريسها المرتفعه ولكذلك لتأثرها بالمنخفضات المتوسطية .

لسلاسل الزمنية لقرينة الناو والأمطار في الأردن

من خلال دراسة السلاسل الزمنية لأمطار الشتاء وقرينة الناو للمحطات المناخية كافة، نلاحظ أن تلك المحطات قد شهدت تقلبات قصيرة المدة ذات مدى (Magnitude) متفاوت خلال فترة الدراسة سواءاً في كمية الأمطار أو في قرينة الناو. فالشكل رقم (20) يبين مؤشر الناو ومجموع الأمطار في محطة السلط. ونلاحظ من خلال الشكل إن قرينة الناو ومجموع الأمطار في هذه المحطة أخذا مساراً عكسياً بعد سنة 1969 ؛ إي كلما إزدادت قرينة الناو (موجبة) تناقصت الأمطار، حيث ظهرت عدة فترات تبين الإرتباط العكسي لمؤشر الناو ومجموع الأمطار، فالفترة من 1969 – 1974 شهدت إرتفاعاً في مؤشر الناو يقابله تناقصاً في مجموع الأمطار وكذلك الفترة (1980-1984) والفترة (1992- 2000) كانت NAOموجبة، أما في الفترة التي امتدت من 2010 - 2011 كانت الناو(سالبة) وقابلها زيادة في مجموع الأمطار في محطة السلط وخلال عام 2012 انحبس المطر كلياً في كافة مناطق المملكة ونلاحظ في هذه الفترة صعود مؤشر الناو ليصل إلى 3.



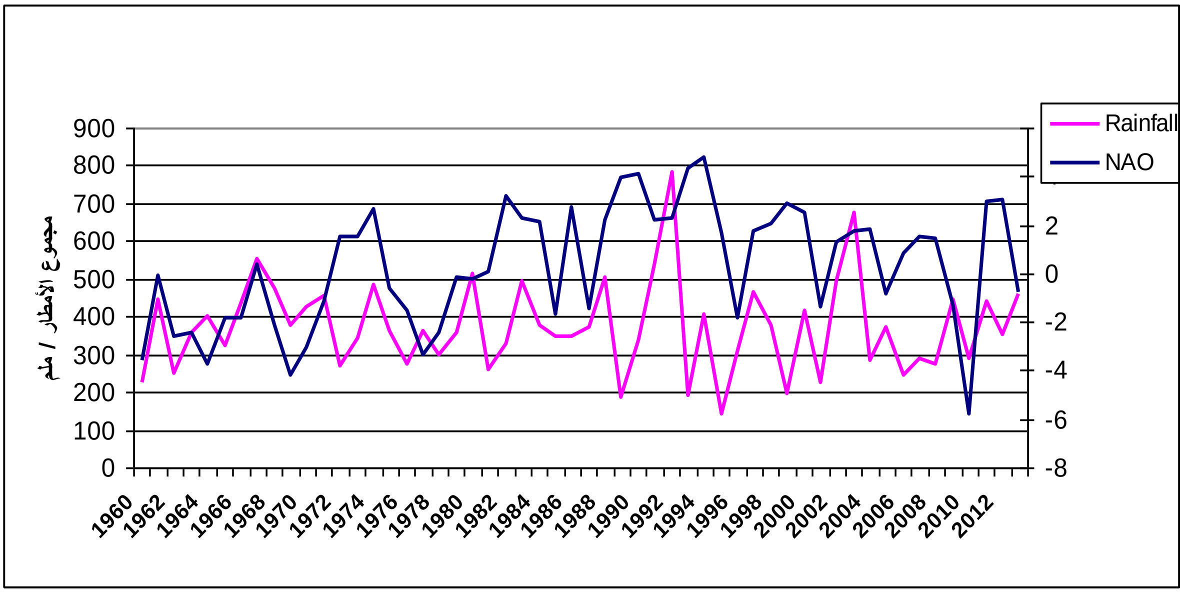
المصدر : إعداد الباحثه

شكل (20) قرينة الناو ومجموع أمطار الشتاء في محطة السلط (1960-2013)

ومن خلال تحليل الأشكال الخاصة بمجموع امطار الشتاء وقرينة الناو في محطة اربد، رأس منيف، الجامعة الأردنية تبين لنا الأشكال (21 - 23) تقارب هذه المحطات من حيث مجموع امطار الشتاء خلال (كانون الأول – أذار) ، حيث نلاحظ وجود تقلبات كبيرة بين الزيادة والنقصان في الثلاث محطات قبل عام 2003، إلا أن تناقص الأمطار كان أكثر وضوحاً بعد سنة 2003 ليستمر إلى سنة 2010 .

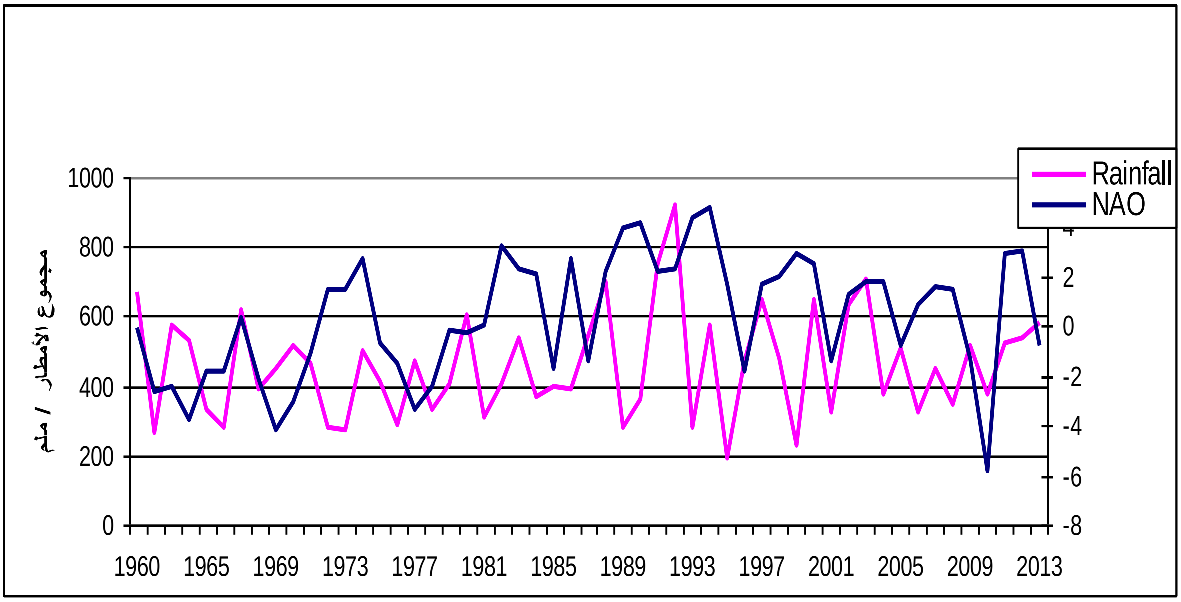
كما يلاحظ من مؤشر الناو استمراريته في الطور الموجب لفترات طويلة ليصل إلى القيمة موجب (5) فأكثر مع ذبذبته في نفس الطور إرتفاعاً وإنخفاضاً، ليتراوح بين (0-5) في حين تراوح المؤشر السالب لفترات قصيرة وفي سنوات مختلفة بين(-1، -5) كما في الفترة (2009- 2012).

وسجلت محطة اربد في شهر كانون الثاني أعلى تساقط حيث بلغ المعدل الشهري (103,81) ملم في حين سجلت المحطة في شهر كانون الأول (89,05) ملم و(99.53(ملم في شباط لتكون في شهر أذار (80,23) ملم وتراوح المعدل الشهري لهطول الأمطار في محطة اربد (144ملم – 783 ملم) ، وفي محطة رأس منيف تراوح المعدل الشهري بين (192- 920) ملم، أما في الجامعة الأردنية بلغ المعدل الشهري (172- 830) ملم. وتراوح المعدل الشهري لقرينة الناو بين(4,78—5,82).



المصدر: إعداد الباحثه

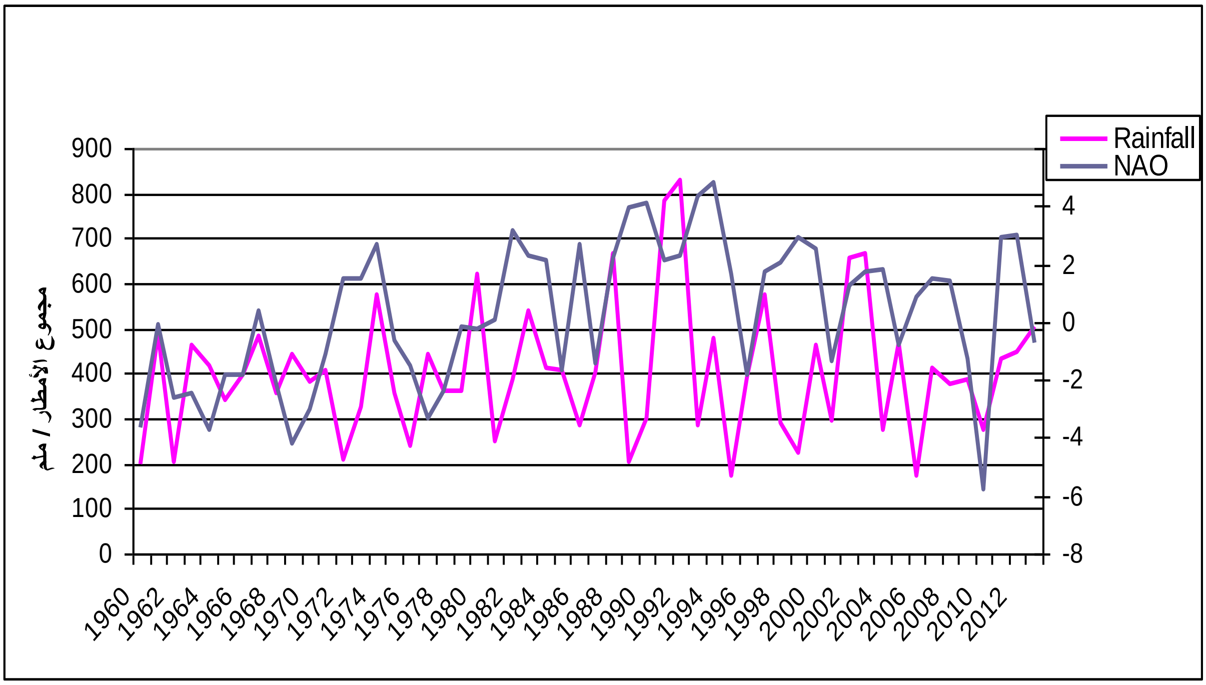
شكل (21) قرينة الناو ومجموع أمطار الشتاء في محطة اربد خلال الفترة (1960- 2013)



المصدر: إعداد الباحثه

شكل (22) قرينة الناو ومجموع أمطار الشتاء في محطة رأس منيف خلال الفترة

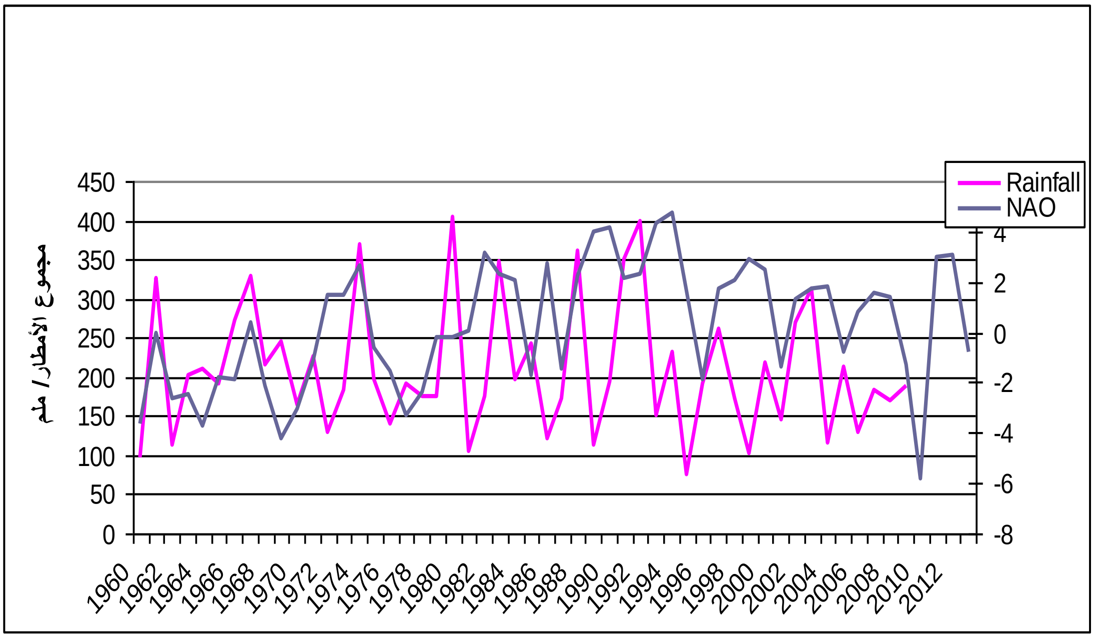
(2013-1960)



المصدر : إعداد الباحثه

شكل (23) قرينة الناو ومجموع أمطار الشتاء في محطة الجامعة الأردنية خلال الفترة (2013-1960)

يبين الشكل (24) السلاسل الزمنية لقرينة الناو وأمطار الشتاء في محطة مطار عمان حيث شهدت الفترة (1989- 1991) تناقص في كميات الأمطار لتزداد في سنة 1992 ثم تناقصت كميات الأمطار بعد ذلك في الفترة الممتدة من(1993 – 2002) وفي عام 2003 ازدادت كميات التساقط في المحطة لتعود بعد ذلك للإنخفاض، ومن هنا نلاحظ أن المحطة شهدت ذبذبات كبيرة بين الزيادة والنقصان. أما بالنسبة لقرينة الناو فتراوحت بين الموجبة والسالبة وظهرت بشكل واضح بعد سنة 1981 كما أن مؤشر الناو اختلف من سنة لأخرى ليظهر المؤشر في الفترة (2005- 2010) موجباً وقابل ذلك وبنفس الفترة تناقص في كميات الإمطار.



المصدر: إعداد الباحثه

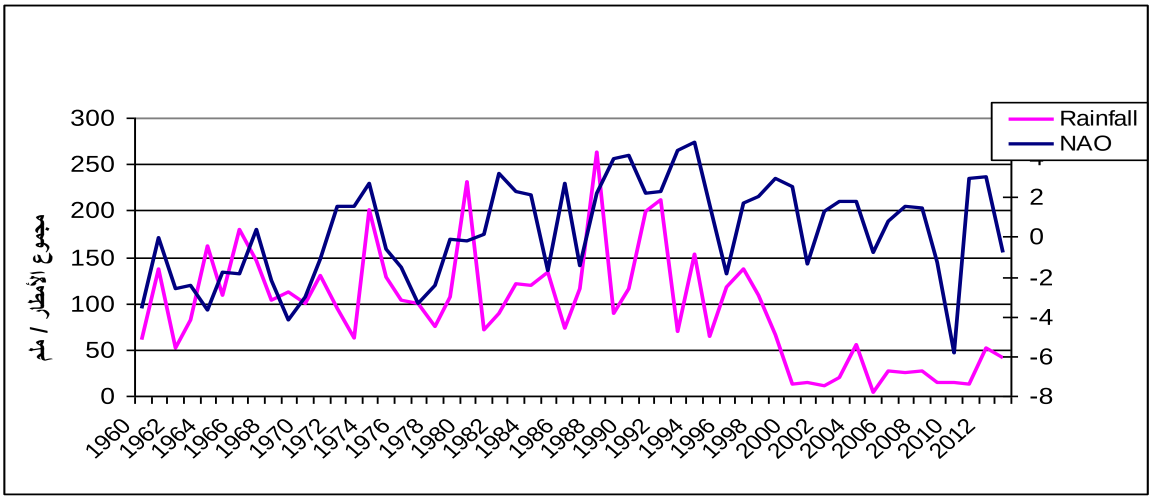
شكل (24) قرينة الناو ومجموع أمطار الشتاء في محطة مطار عمان خلال الفترة

(2013 -1960)

شكل (25) يوضح لنا قرينة الناو ومجموع الأمطار في محطة معان حيث سجلت المحطة أقل تساقط مطري مقارنة بمحطات الدراسة وتراوح معدل الهطول الشهري في فصل الشتاء ليبلغ في شهر كانون الأول (21,31) ملم أما في شهر كانون الثاني (28,04) ملم و(24,47) ملم في شباط وبلغ في شهر أذار (21,71) ملم، لنلاحظ تناقص مستمر بعد سنة 1993، في حين تراوحت قرينة الناو لنفس المحطة بين (4) و (-6) ورغم أن الناو كانت في مرحلتها

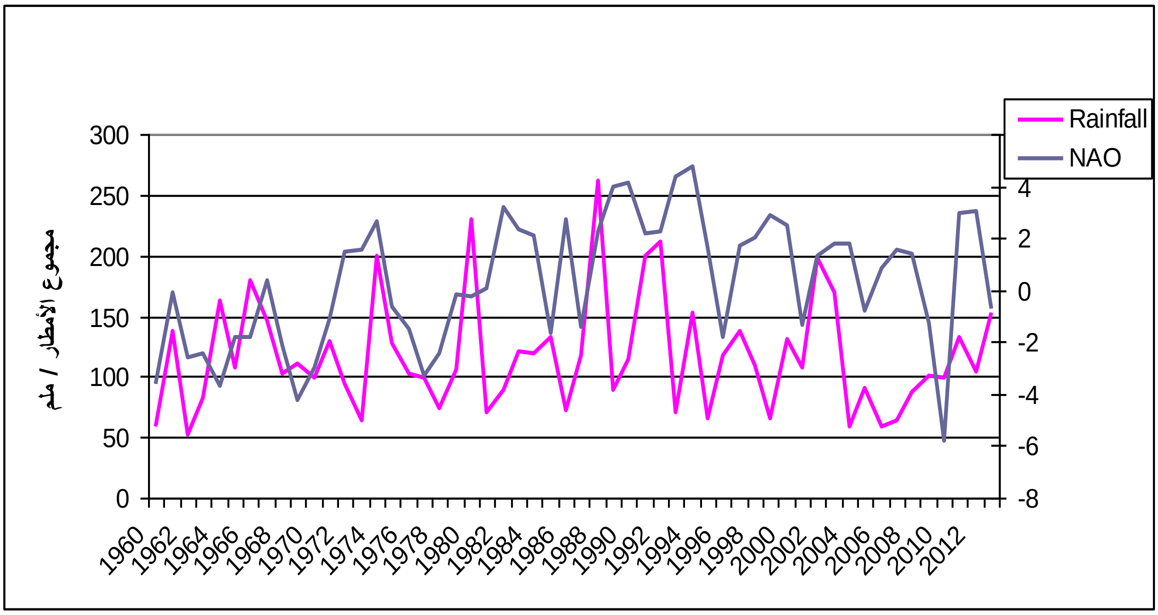
السالبة في الفترة الممتدة من (2003 – 2012) الا أن الأمطار كانت في تناقص مستمر، لتكون الناو قبل 2003 في مرحلتها الموجبة كما هو الحال خلال الفترة (1986- 1996) وفي نفس الفترة لوحظ تذبذب لكميات الامطار الساقطة في محطة معان، ولعل ذلك يعود إلى أن أمطار المناطق الجنوبية في المملكة تسيطر عليها حالات عدم الاستقرار الجوي أكثر من تأثير المنخفضات الجوية.

وتبين الاشكال (26- 27) مجاميع الأمطار وقرينة الناو لسلسلة زمنية خلال فصل الشتاء لمحطتي المفرق والشوبك حيث سجلت محطة الشوبك في شهر كانون الأول (52,57) ملم وفي شهر كانون الثاني (71,72) ملم أما شباط فبلغ المعدل الشهري (53,71) و (47,96) ملم في أذار وتراوح المعدل الشهري للتساقط خلا فصل الشتاء في محطة الشوبك بين (75,50 – 524) ملم ويلاحظ تناقص مستمر للامطار بعد عام 2003 إلى الآن كما يلاحظ أن قرينة الناو بعد عام 1992 تذبذبت خلال طورها الموجب بين قيمة (صفر) و(4) لتنحدر بعد ذلك في المرحلة السالبة في عام 2009 – 2012 وتراوحت قيمة الناو بين (-1) و (-6) وتعد منطقة الشوبك من المناطق الجنوبية في المملكة ألا أنها منطقة مرتفعة تتأثر بالمنخفضات الجوية القوية. وفي الشكل رقم (27) يظهر لنا مجموع امطار الشتاء في محطة المفرق حيث شهدت المحطة كذالك تناقص في كميات الامطار الساقطة في محطة المفرق في عام 2003 لتشهد المحطة قبل هذه الفترة تذبذب بين الزيادة والنقصان في الهطول المطري وبلغ المعدل الشهري للامطار في نفس المحطة (52 ملم-262 ملم) لتسجل في كانون الاول معدل شهري (26,60) ملم وفي كانون الثاني (34,88) ملم.



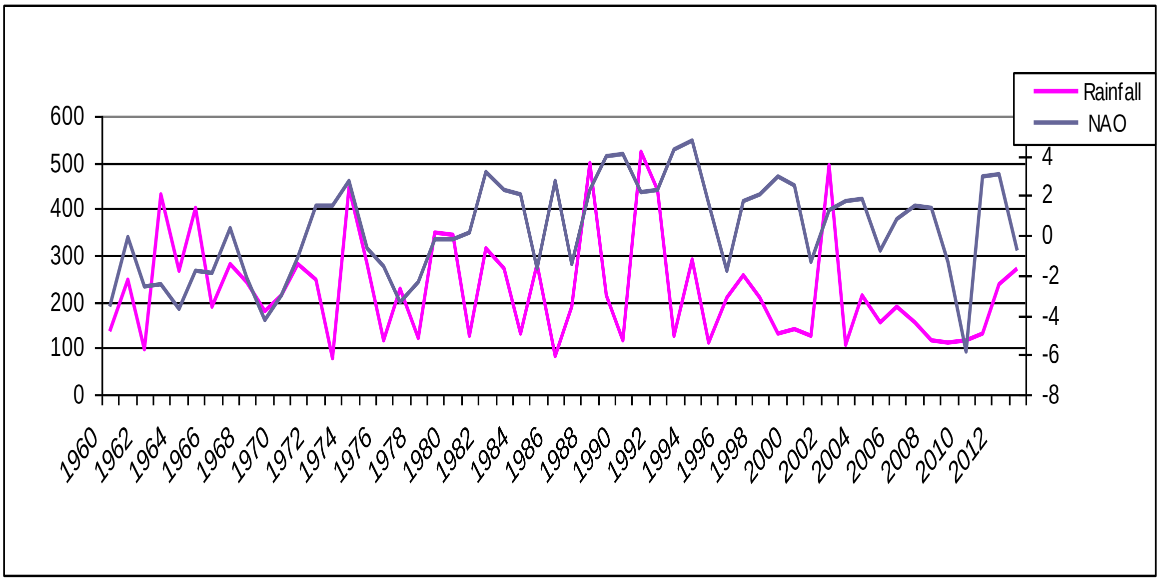
المصدر: إعداد الباحثه

شكل (25) قرينة الناو ومجموع امطار الشتاء في محطة معان خلال الفترة (1960-2013)



المصدر: إعداد الباحثه

شكل (26) قرينة الناو ومجموع أمطار الشتاء في محطة المفرق



المصدر : إعداد الباحثه

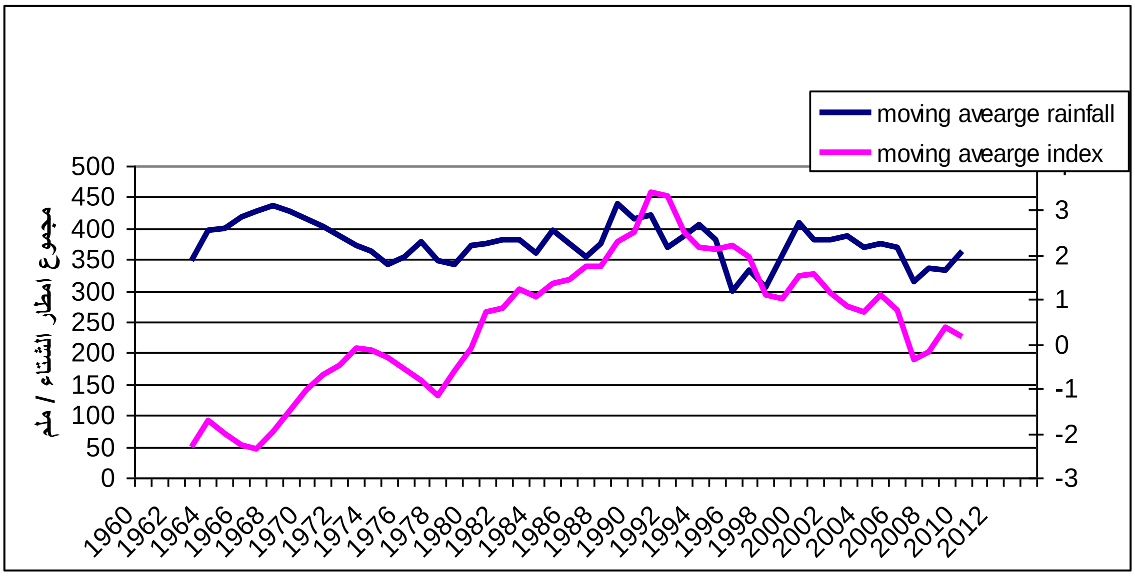
شكل (27) قرينة الناو ومجموع امطار الشتاء في محطة الشوبك (1960-2013)

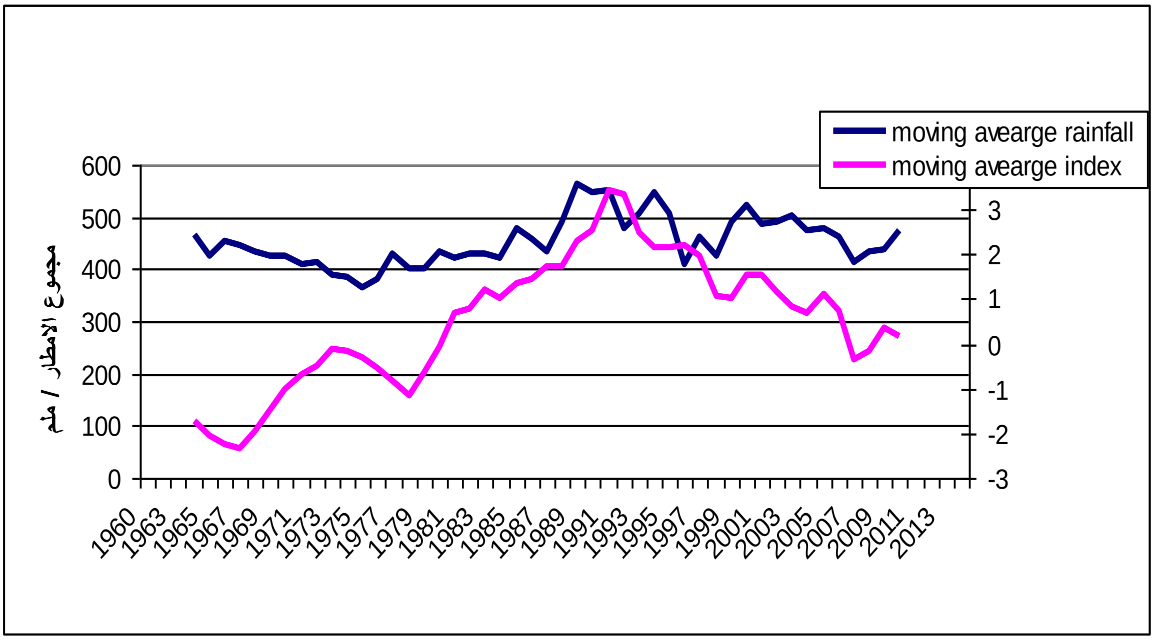
من خلال تحليل السلاسل الزمنية الخاصة بمجموع الأمطار وقرينة الناو نلاحظ أن قرينة الناو بشكل عام وبعد عام 1995 في تناقص (ضعف الناو) على الرغم من بقائها في الطور الموجب. أما بالنسبة للأمطار فكانت في المحطات كافة متذبذبة وفي الفترة الأخيرة أخذت مسار التناقص.

المتوسطات المتحركة (Moving Averages)

تم إستخدام إسلوب المتوسطات المتحركة للتخلص من الذبذبات الخاصة بقرينة الناو وأمطار الشتاء في السلسلة الزمنية إي خلال فترة الدراسة (1960- 2013) وذلك لإظهار الإتجاه العام لمجموع الأمطار وكذلك قرينة الناو دون الذبذبات التي تعمل على تشويه شكل الإتجاه العام، ويشير المتوسط المتحرك إلى الوسط الحسابي البسيط أو المرجح لعدد الفردي من قيم متتالية لسلسلة زمنية معينة، وفي الدراسة استخدم العدد (7) وذلك لطول مدة الدراسة، حيث تعبر قيمة المتوسط المتحرك عن قيمة المتغير للسنة الوسطى

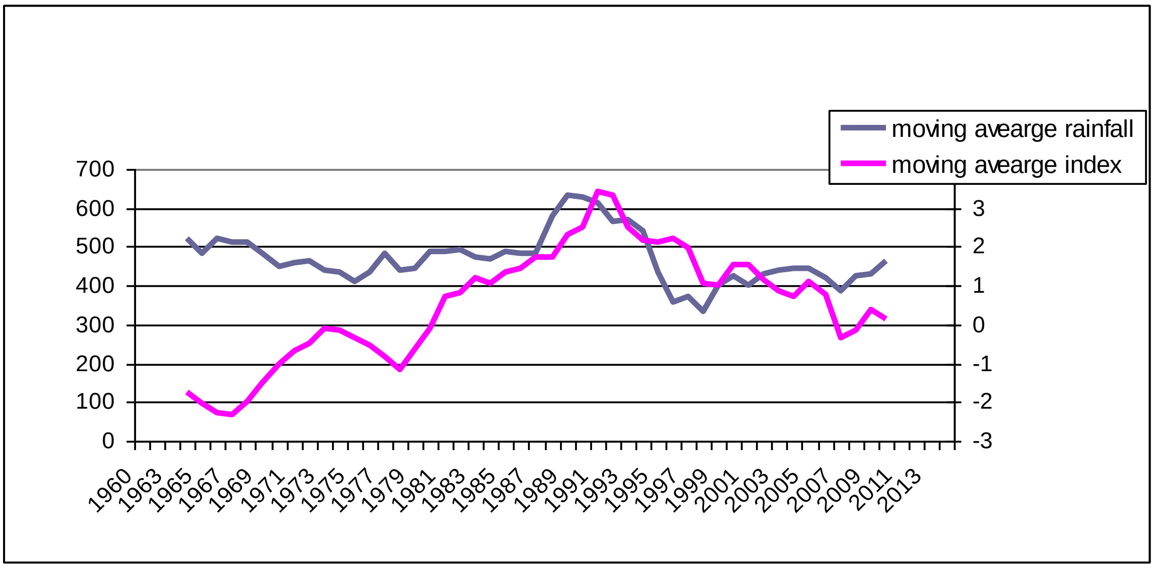
وكما نلاحظ في الشكل رقم (28- 29) التخلص من ذبذبات الامطار والناو على طول السلسلة الزمنية لمحطة السلط، اربد، رأس منيف والجامعة الأردنية، ومن خلال الشكل الخاص بالمتوسطات المتحركة نلاحظ إتجاه مجموع أمطار الشتاء واتجاه مؤشر الناو حيث تم إهمال أول ثلاثة قيم لسنة(1960-1962) وآخر ثلاثة قيم من السلسلة الزمنية لسنة (2011-2013) من أجل التخلص من القيم الشاذة التي تعمل على تشتيت وتشويه الشكل العام. ومن خلال استخدام هذا النوع من التحليل أصبحت الصورة الخاصة بمسار مؤشر الناو وأمطار الشتاء أكثر وضوحاً لتظهر لنا قرينة الناو في بداية السلسلة الزمنية في مرحلتها السالبة أما الامطار فتراوحت بين (450- 500) ملم لغاية سنة 1987، لترتفع بعد ذلك قيمة الناو بين (الصفر) و (3) واستمرت الناو الموجبة لبعد سنة 2000 اما الامطار فشهدت تناقص وكان واضحاً في محطة السلط.

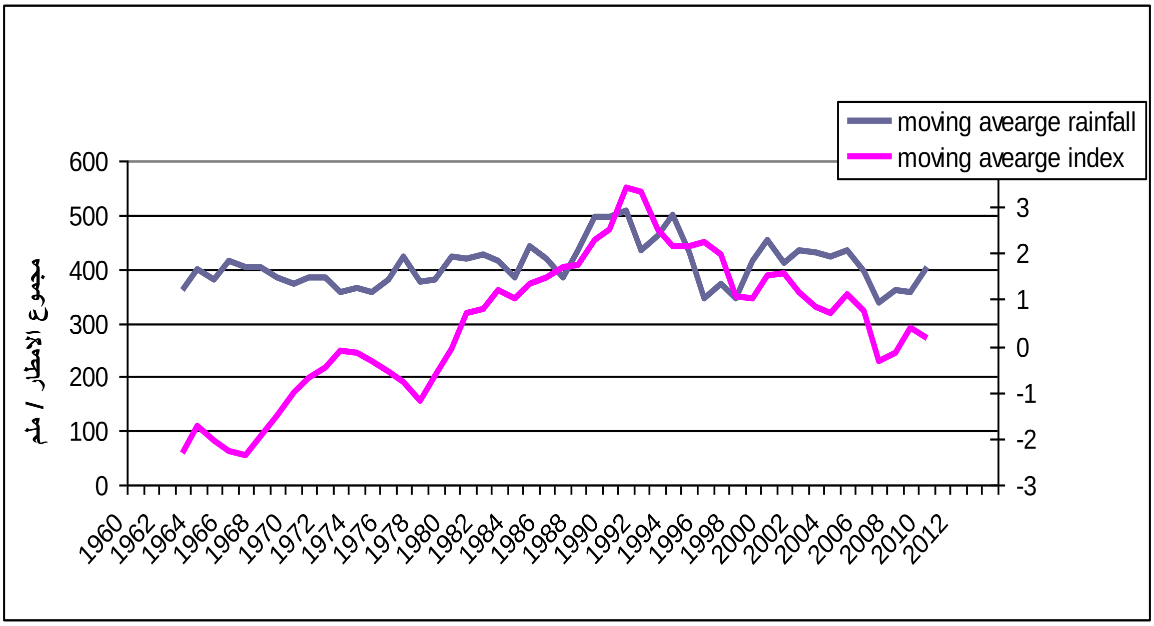




المصدر: إعداد الباحثه

شكل (28) المتوسطات المتحركة لقرينة الناو والأمطار في محطة اربد، رأس منيف، خلال الفترة (2013- 1960)





المصدر: إعداد الباحثه

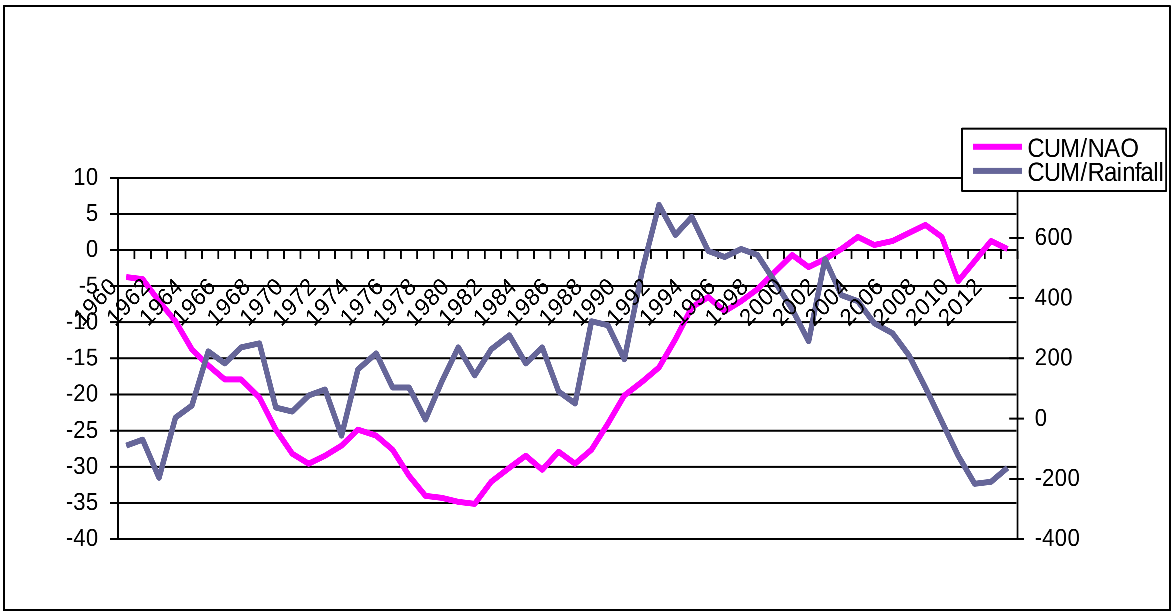
شكل (29) المتوسطات المتحركة لقرينة الناو والأمطار في محطة السلط والجامعة الأردنية خلال الفترة (1960 -2013)

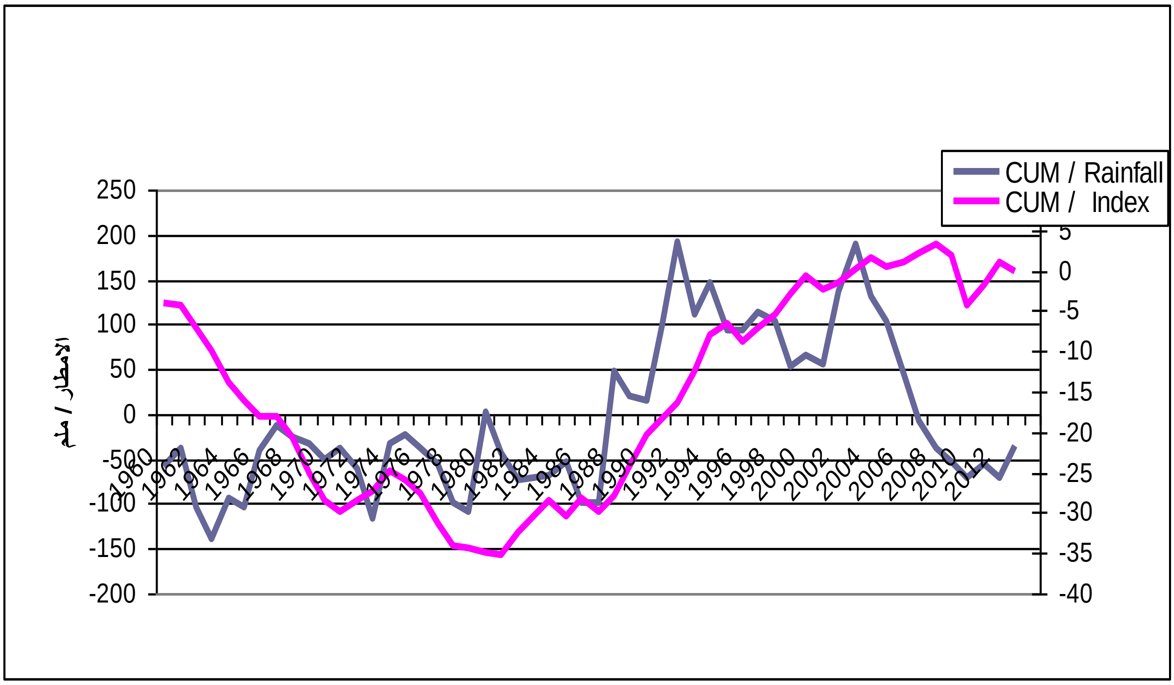
الفروقات المتجمعة (Cumulated Sums)

تم إستخدام هذا الأسلوب للكشف عن أية تغيرات متصلة تحدث في السلسلة الزمنية، وتقوم على أساس رسم منحنى يمثل جمعاً تراكمياً للإنحرافات عن المتوسط الحسابي للسلسلة الزمنية، لذا تم استخدام متوسط حسابي لفترة طويلة من الزمن (1960-2013) وتم تطبيق هذا الأسلوب بإتباع الخطوات التالية:

- استخراج الوسط الحسابي لسلسلة الزمنية.
- استخراج الفرق بين كل مشاهدة والمتوسط الحسابي.
- جمع الفروقات عن المتوسط الحسابي جمعاً تراكمياً.
- تمثيل السلسلة الزمنية للفروقات عن المتوسط.

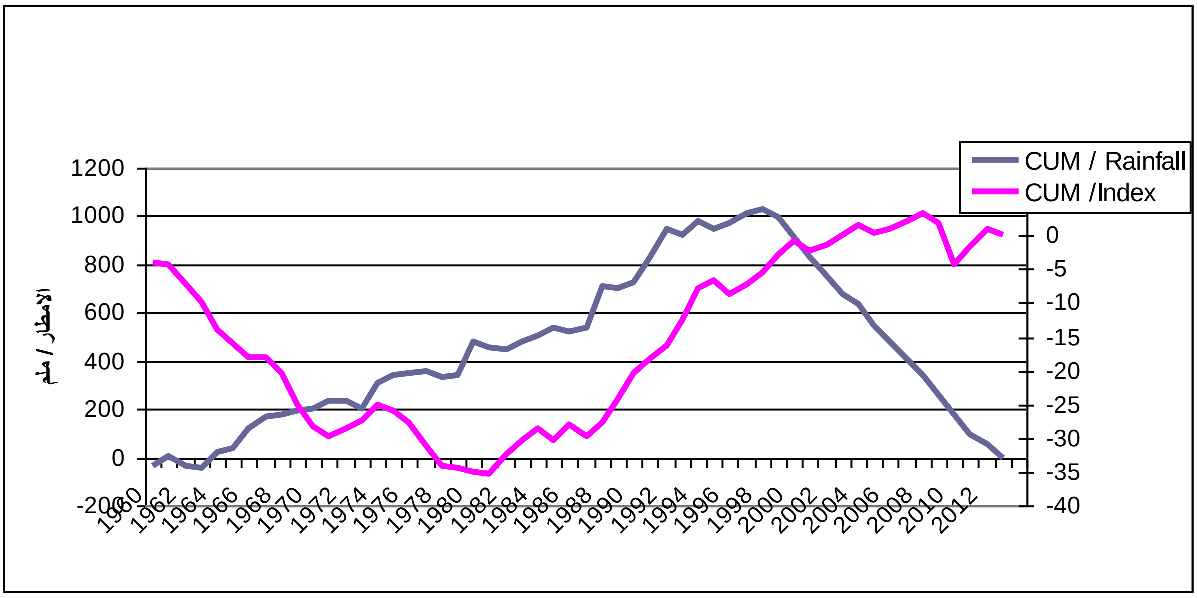
ويبين الشكل رقم (30-31) المنحنى التراكمي للفروقات عن المتوسط الحسابي لقرينة الناو والأمطار في محطة الشوبك، المفرق، معان ومطار عمان خلال الفترة (1960-2013) ، فتبدوا الفترات التي تشهد تزايداً على شكل منحنى صاعد بينما تظهر الفترات التي تشهد تناقصاً على شكل منحنى هابط. ومن خلال الشكل يظهر المنحنى الخاص بالأمطار في محطة المفرق هابطاً خلال الفترة (1960- 1989) ليصعد المنحنى بعد ذلك ويستمر إلى سنة 2008 ثم يعود ليشهد هبوطاً مستمر لغاية 2014 وقابل المنحنى الهابط للامطار منحنى صاعد لقرينة الناو خلال هذه الفترة، أما بالنسبة لمحطة معان فكان منحنى الناو في بداية السلسلة الزمنية مرتفعاً ومنحنى الامطار كان منخفضاً لغاية سنة 1971 ليرتفع بعد ذلك المنحنى الخاص بالامطار حتى سنة 2000 وفي نفس المحطة انخفض منحنى قرينة الناو ليتصاعد بعد فترة 2002 وقابل ذلك هبوط في منحنى الامطار، وفي محطة مطار عمان يلاحظ في السنوات الاخيرة منحنى تراكمي صاعد لقرينة الناو في حين ظهر منحنى الامطار منخفضاً.

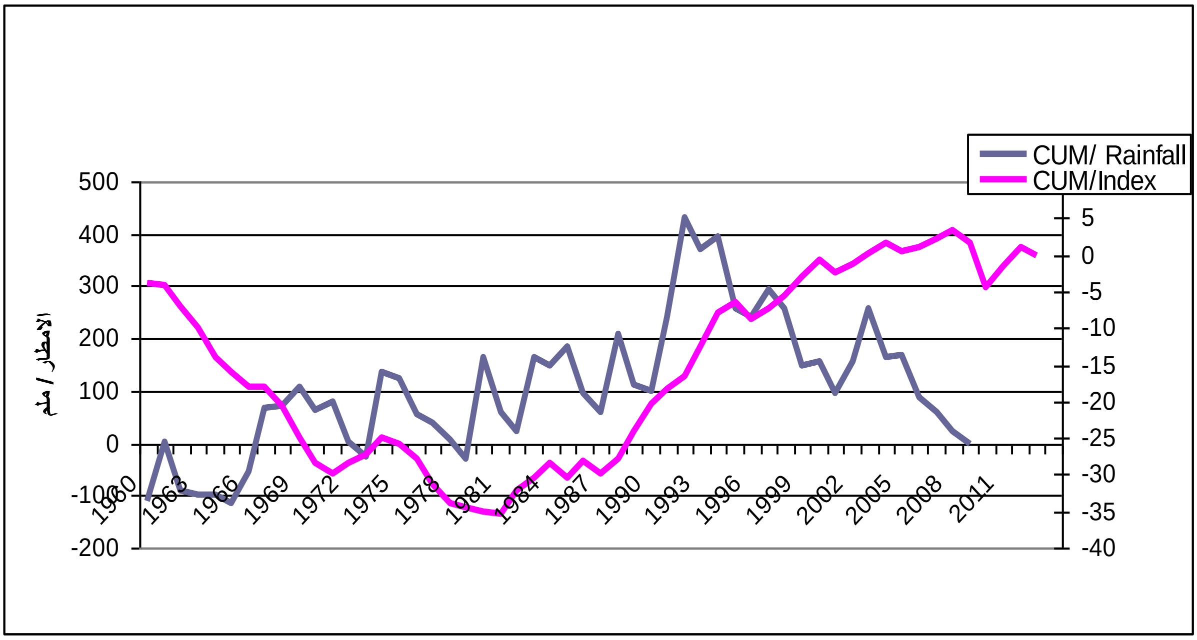




المصدر: إعداد الباحثه

شكل (30) المنحنى التراكمي للفروقات عن المتوسط الحسابي لقرينة الناو والأمطار في محطة الشوبك، المفرق، خلال الفترة (1960-2013)





المصدر: إعداد الباحثه

شكل (31) المنحنى التراكمي للفروقات عن المتوسط الحسابي لقرينة الناو والأمطار في محطة معان ومطار عمان خلال الفترة (1960-2013)

نموذج الإنحدار الخطي البسيط (Simple linear regression)

نموذج الإنحدار الخطي يستخدم لدراسة العلاقة السببية بين متغيرين، إحداهما يعرف بالمتغير المستقل (Independent) وهو المتغير الذي يستخدم في عملية التنبؤ، ويعرف المتغير الآخر الذي يتم التنبؤ به بالمتغير التابع (Dependent)، يبين الجدول رقم (8) قيمة الانحدار الخطي لقرينة الناو كمتغير مستقل ومجموع امطار الشتاء (كانون الأول – أذار) كمتغير تابع في جميع محطات الدراسة (اربد، رأس منيف، المفرق، معان، الشوبك، الجامعة الاردنية، مطار عمان والسلط) ويبين لنا الجدول قيمة R2 وهو معامل التفسير لنموذج الانحدار كله أي نسبة التباين في المتغير التابع وهو الامطار التي تمكن المتغير المستقل من تفسيرها وتتراوح قيمتها بين (0-1) كما يظهر قيمة b وتدل على معامل الإنحدار وتمثل درجة ميلان خط الانحدار وعندما تكون قيمته موجبة وتزيد عن الصفر يكون خط الانحدار صاعداً مما يعني أن العلاقة بين المتغير المستقل والتابع علاقة طردية. أما إذا كانت قيمته سالبة فإن خط الانحدار يكون هابطاً وتكون العلاقة بين المتغيرين علاقة عكسية وتدل b إذا كانت قيمتها صفر على عدم وجود أية علاقة بين المتغيرين. من خلال جدول رقم (8-9) نلاحظ ضعف علاقة الإنحدار الخطي بين مجموع الأمطار وقرينة الناو فمعامل التفسير كان قليل مع وجود دلالة إحصائية ضعيفة في خمس محطات مناخية كما يوضح الجدول الخاص بالارتباط بين الامطار وقرينة الناو ضعف علاقة الارتباط بينهما ولعل السبب يعود لوجود تقلبات قصيرة المدى في السلاسل الزمنية، فمن المعروف أن السلاسل الزمنية للأمطار تتكون من تقلبات ذات مدة متفاوته فبعضها طويل المدى وبعضها الأخر متوسط المدى ولاكن معظم تلك التقلبات قصيرة المدى وتعرف ب (Noise)، حيث تقوم هذه التقلبات القصيرة تقوم بطمس وإخفاء علاقة الإرتباط والانحدار فيما بينهما.

جدول (8) الخصائص العامه للانحدار الخطي البسيط للأمطار وقرينة الناو في كافة محطات الدراسة للفترة (1960-2013)

المحطة	معامل الانحدار b	قيمة t	معامل التفسير R2	مستوى الدلالة الاحصائية
اربد	3,82	0,572	0,006	0,57
السلط	7,38	0,809	0,013	0,42
معان	1,63	4,84	0,004	0,63
المفرق	2,33	0,889	0,015	0,37
الجامعة الأردنية	9,58	1,170	0,026	0,24
الشوبك	4,25	0,657	0,008	0,51
مطار عمان	4,37	0,808	0,012	0,42
رأس منيف	6,33	0,449	0,010	0,46

المصدر: إعداد الباحثه

جدول (9) معامل الارتباط (R) لمجموع الأمطار وقرينة الناو في محطات الدراسة كافة للفترة (1960-2013)

المحطة	معامل الإرتباط (R)
اربد	0,079
السلط	0,113
معان	0,067
المفرق	0,122
الجامعة الأردنية	0,160
الشوبك	0,091
عمان	0,111
رأس منيف	0,102

المصدر: إعداد الباحثه

التحليل الطيفي (Spectral analysis)

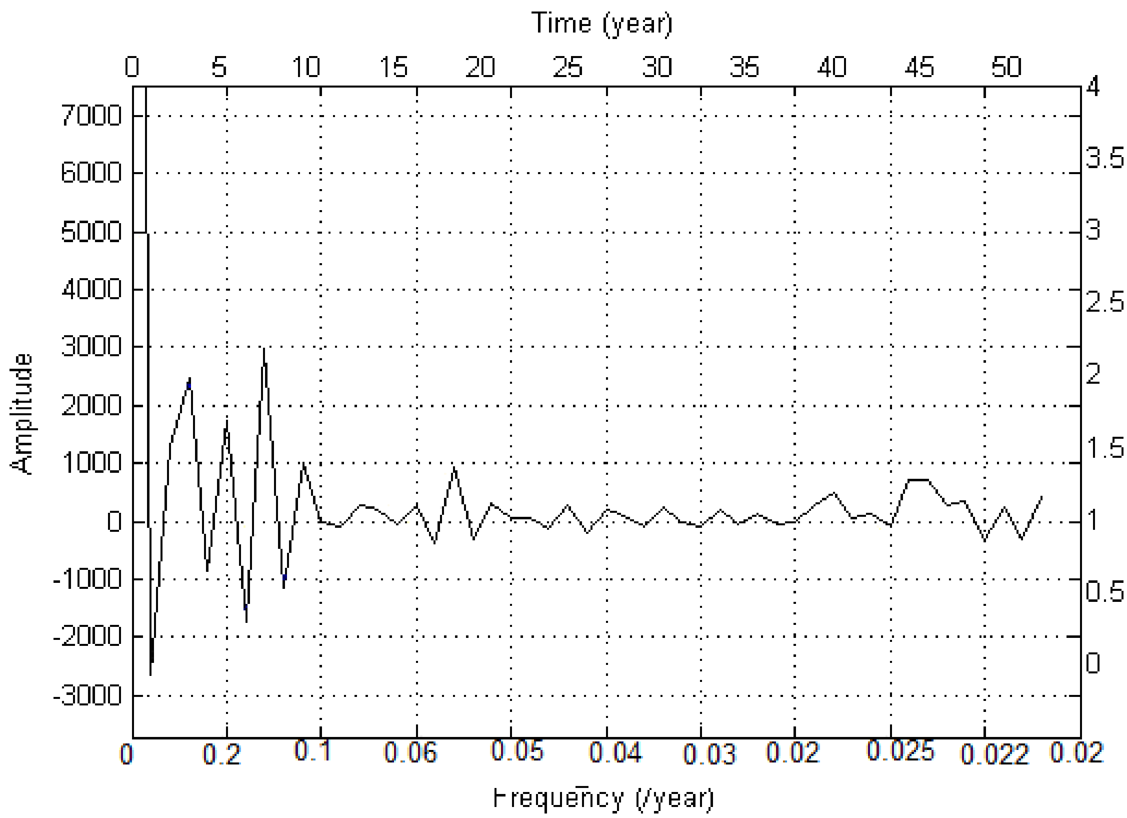
يستخدم التحليل الطيفي في تحديد التقلبات طويلة المدى وتفسير التباين الزماني لبعض الظواهر الجوية ذات الانتشار المكاني الواضح كما يستخدم في عمليات التنبؤ (Forecasting)، حيث يتميز التحليل الطيفي عن التحليل الهرموني (Harmonic) أنه يعطي احتمالية حدوث تقلبات تختلف قليلاً من سلسلة لأخرى ومن وقت لآخر يبين احتمالات التباين التي تفسره تلك التقلبات في السلسلة الزمنية ويمتاز في معالجة التقديرات الطيفية ويمثل التحليل الطيفي نموذجاً إحصائياً متطوراً يصلح لدراسة وتحليل التقلبات المنتظمة وغير المنتظمة. ويقوم اسلوب التحليل الطيفي على استخدام سلاسل فورير (Fourier) في تجزئة التباين الموجود في إية سلسلة زمنية إلى اجزاء متفاوته يفسر كل جزء منها مركب (Component) يمثل تقلباً (Fluctuation) ذا مدة زمنية محددة.

ويمكن تشبيه اسلوب التحليل الطيفي بالإنحدار المتعدد حيث يساهم عدد من المتغيرات في تفسير نسب متفاوته من التباين (Variance) في المتغير التابع والاختلاف الرئيسي بين تجزئة التباين في التحليل الطيفي وتجزئة التباين في الانحدار المتعدد هو أن المتغيرات التي تفسر التباين في التحليل الطيفي هي تقلبات ذات مدة زمنية مختلفة، وكما هو الحال في تحليل الانحدار المتعدد حيث تختلف اهمية المتغير تبعاً لنسبة التباين التي يفسرها فإن اهمية إي من التقلبات تقاس في التحليل الطيفي بنسبة التباين التي تفسرها. (شحادة، 1985)

ولقد استخدم التحليل الطيفي في هذه الدراسة لتحليل التقلبات في كل من قرينة الناو والأمطار والمقارنة بين التقلبات المتناظره في كل منهما وبيان مدتها وتكرارها ونسبة التباين الذي تفسره.

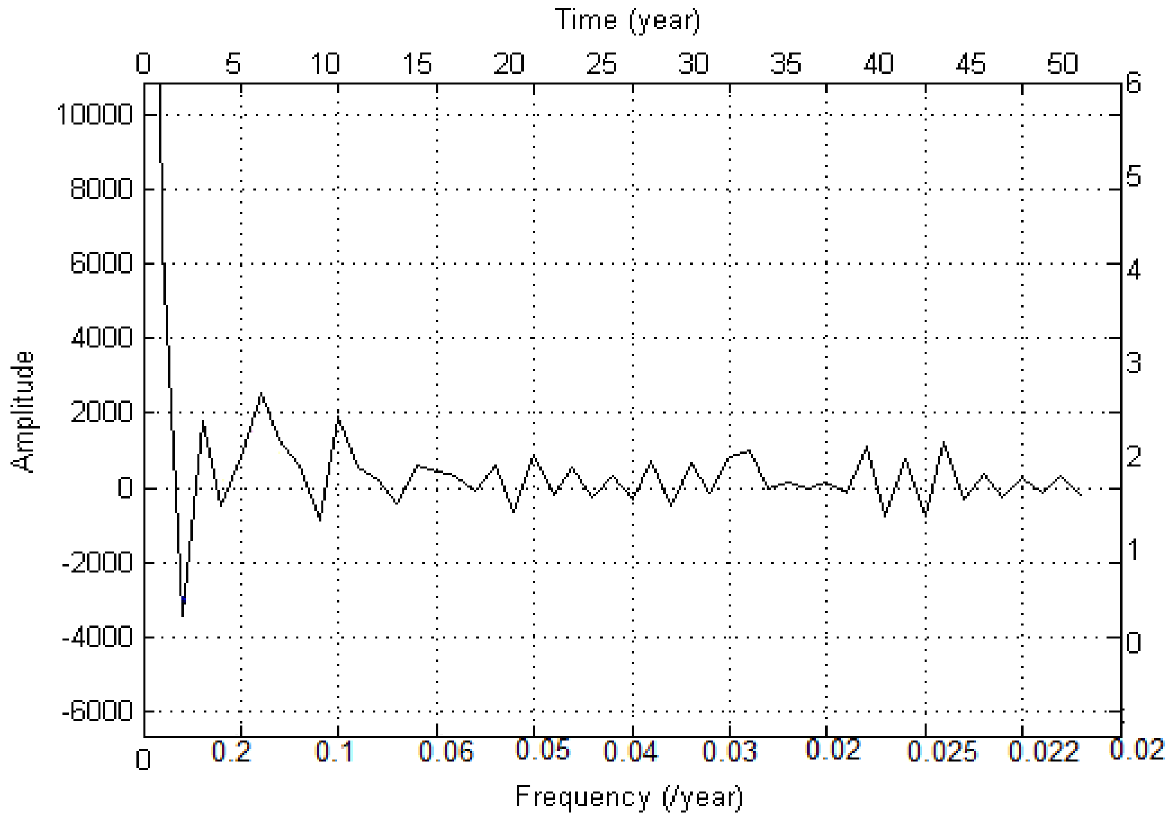
منحنى التحليل الطيفي Power Spectrum Curve

يبين الشكل رقم (32) منحنى التحليل الطيفي الخاص بتقلبات الامطار، حيث يظهر لكل تقلب مدته وتكرارة (Frequency) ويساوي (1/طول مدته)، أما طول المدة (Period) فيبين طول المدة التي يتكرر فيه حدوثه، كما يظهر من خلال المنحى المدى (Amplitude) إي التقلبات وهو يساوي نسبة التباين الذي يفسره ذلك التقلب. ومن خلال الشكل(32) يظهر لنا ثلاث دورات، الأولى يتراوح طولها بين (1-3) سنوات وتفسر من التباين 2 %، والدورة الثانية يتراوح طولها بين (4-6) سنوات وتفسر 1,75 من التباين. أما الدورة الثالثة فيتراوح طولها بين (7- 9) سنوات وتفسر نسبة 2,25 من التباين في امطار محطة اربد.



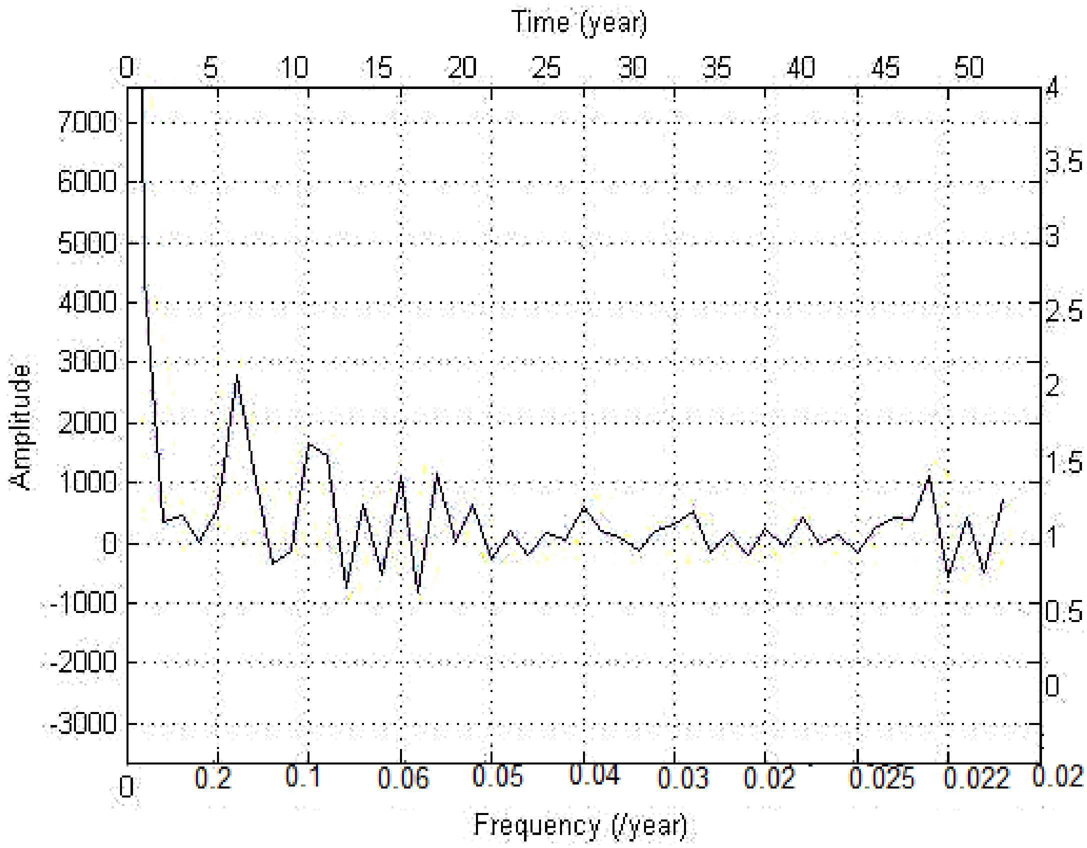
شكل (32) منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الأمطار في محطة اربد للفترة (1960-2013)

يوضح لنا شكل (33) منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الامطار في محطة رأس منيف ويبين ثلاث تقلبات تراوح طول الدورة الأولى بين (2- 4) سنوات وبلغت نسبت تفسيرها من التباين (2,75) ، في حين تراوح طول الدورة الثانية بين (5 – 8) سنوات وفسرت (2,65) ، أما الدورة الثالثة تراوح طولها بين (9- 12) سنوات وفسرت 2,5 من التباين في امطار محة رأس منيف.



شكل (33) منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الأمطار في محطة رأس منيف للفترة (1960-2013)

من خلال الشكل رقم (34) يظهر لنا منحنى التحليل الطيفي الخاص بأمطار محطة الجامعة الاردنية اربع تقلبات أو دورات الدورة الاولى تراوحت بين 4-8 سنوات وبلغ نسبة تفسيرها من التباين (2,25) والدورة الثانية طولها بين (9- 13) سنة وفسرت 1,75 أما الدورة الثالثة تراوح طولها بين (14 – 15) سنة 1,50 والرابعة كان طولها بين (46- 49) سنة وفسرت كذلك 1,50 من نسبة التباين في امطار الجامعة.



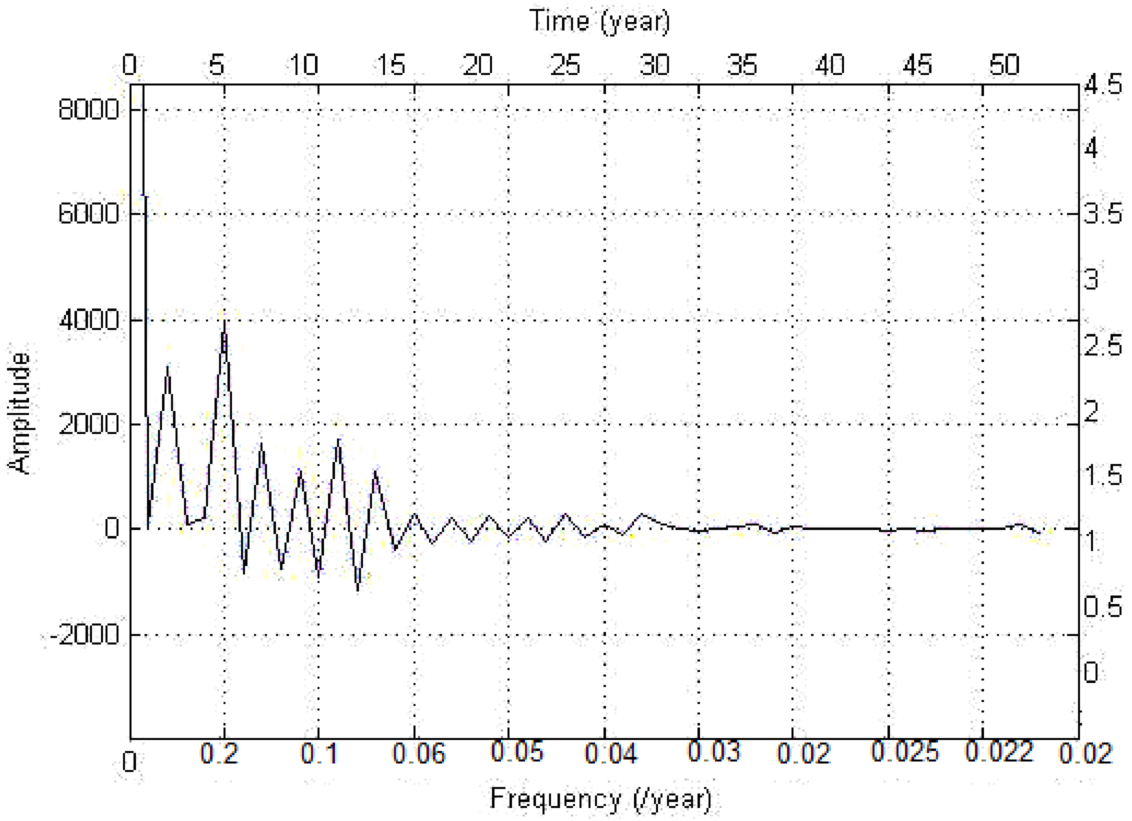
شكل(34) منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الأمطار في محطة الجامعة الاردنية

(2013-1960)

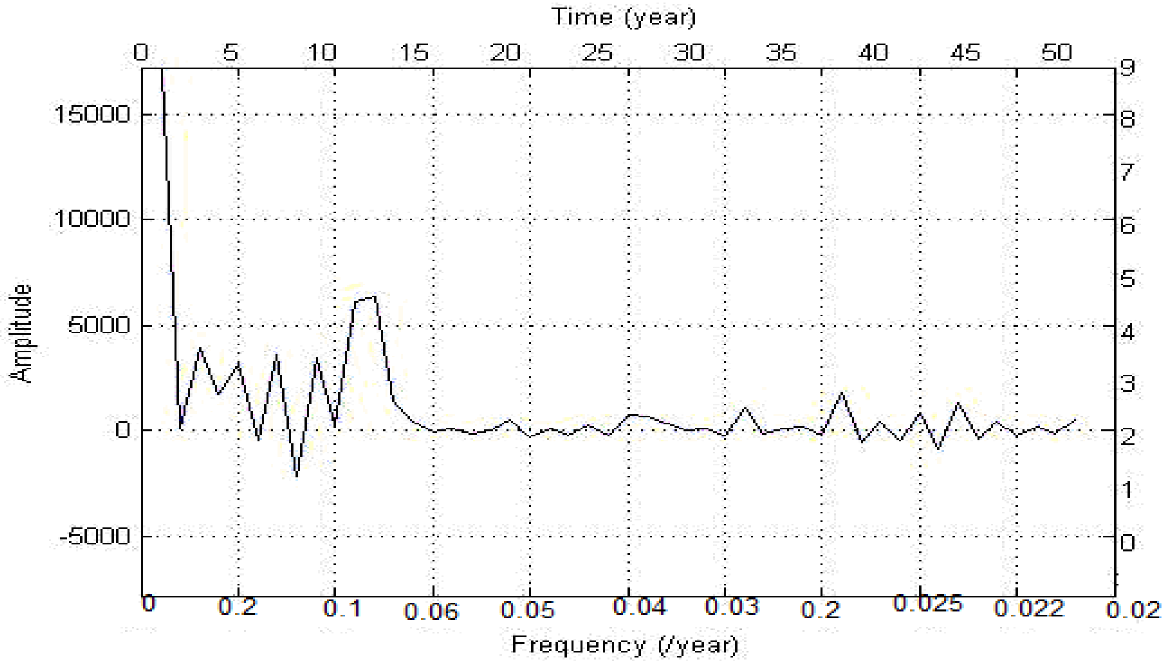
وتبين لنا الاشكال رقم (35-38) منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الامطار في كل من (معان، السلط، المفرق، والشوبك) حيث ظهرت ثلاث تقلبات في محطة معان الدورة الاولى تراوحت بين (1- 4) سنوات وفسرت 2,25 والثانية طولها (5- 7) سنوات وفسرت 2,75 أما الدورة الثالثة

تراوحت بين 10- 13 وفسرت ما نسبتة 1,75. في حين أظهر المنحنى الطيفي لمحطة المفرق اربع دورات الأولى بلغ طولها (1-3) سنوات والثانية (4 – 7) والثالثة (8 – 9) سنوات والرابعة بلغ طولها من (23 – 27) سنة.

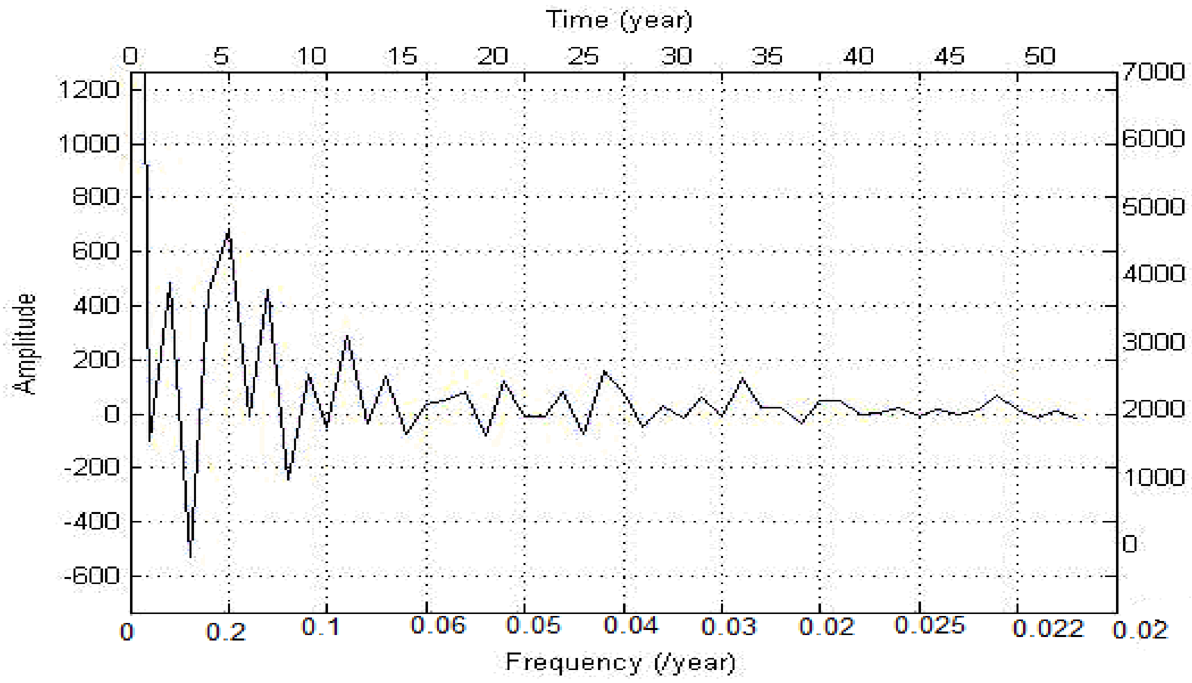
كما تبين في محطة السلط والشوبك ثلاث دورات اختلفت نوعاً ما في أطوالها طول الدورة الاولى بلغ (6 – 8) سنوات وفسرت 3 من التباين والثانية تراوحت بين (11- 14) سنة فسرت 4,25 وفي الثالثة تراوح طول الدورة (7- 10) سنوات وفسرت 2,75 من التباين في أمطار محطة السلط أما في الشوبك تراوحت الاطوال من (1- 3) في الدورة الأولى و(4- 5) في الثانية و(10- 13) في الدورة الثالثة وفسرت الدورات الثلاث على التوالي (2,75) ، (2,50) ، (2) .



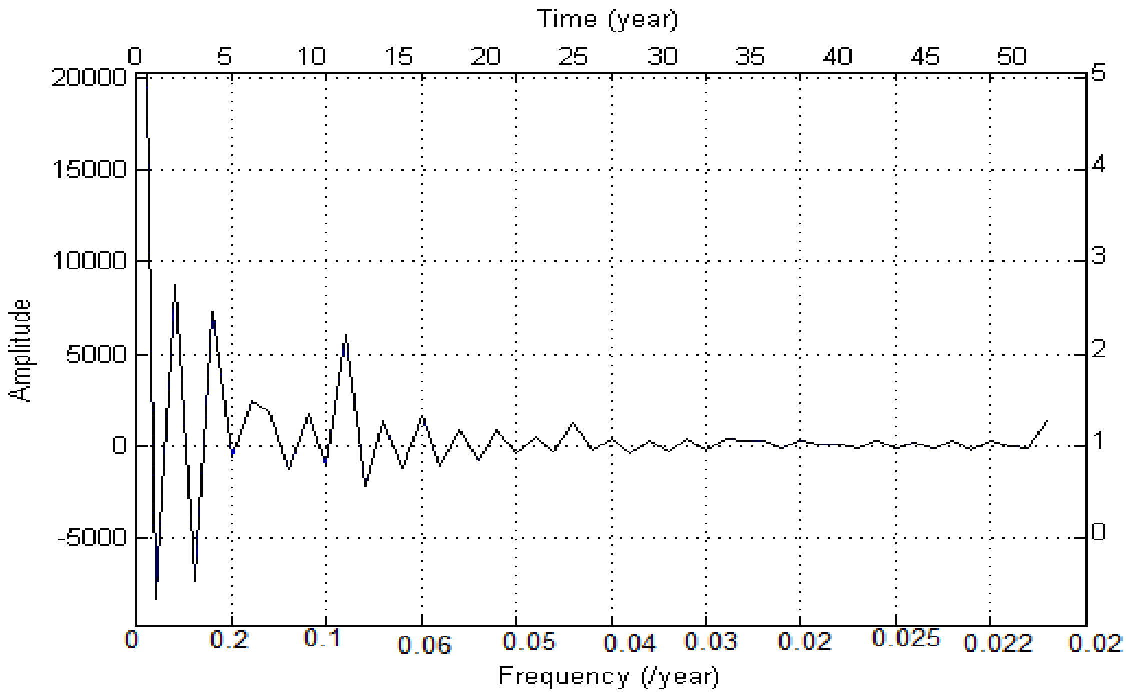
شكل (35) منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الأمطار في محطة معان للفترة (1960-2013)



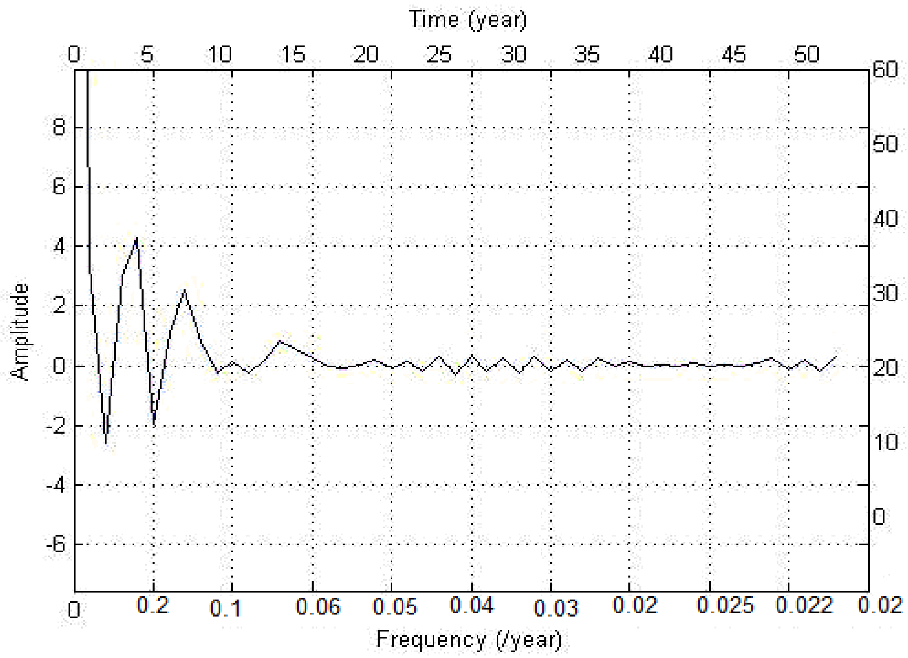
شكل (36) منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الأمطار في محطة السلط (1960-2013)



شكل (37) منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الأمطار في محطة المفرق (1960-2013)



الشكل (38) منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الأمطار في محطة الشوبك (1960-2013)



شكل (39) منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الناو (1960-2013)

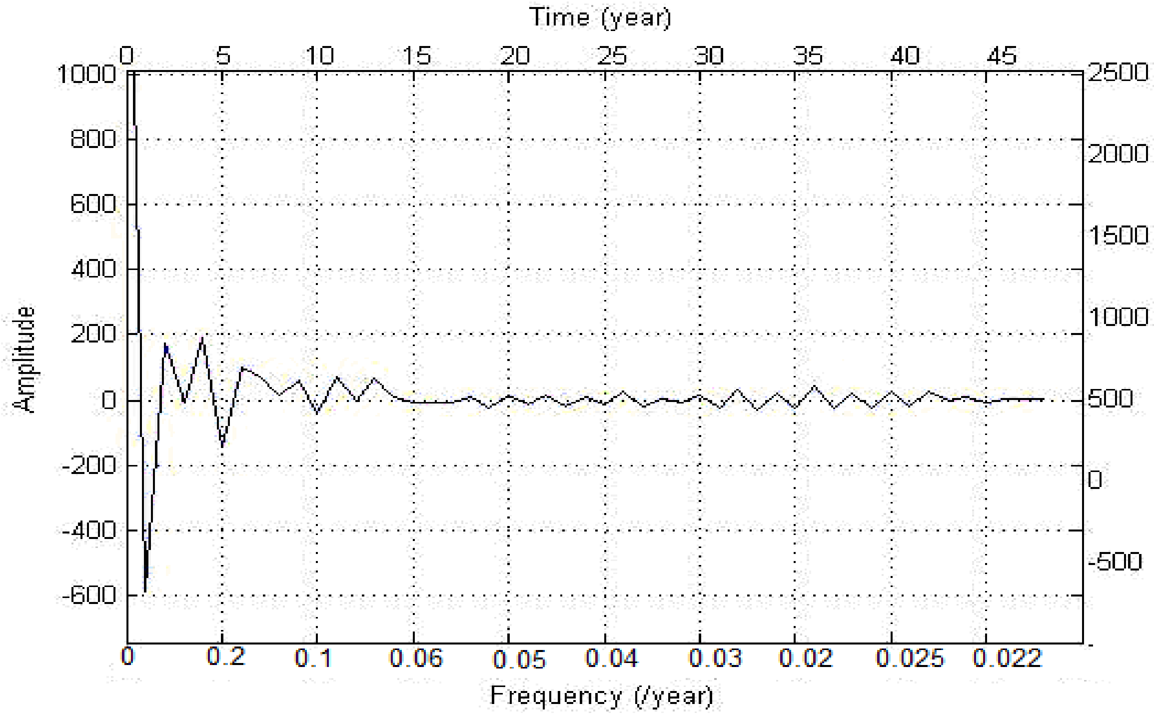
شكل (39) يوضح منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الناو حيث تبين وجود دورتين من خلال المنحنى تراوح طول الدورة الأولى بين (2- 5) سنوات والدورة الثانية بلغ طولها (6- 9) سنوات وفسرت كل منها على التوالي 40 %، 32 % من تقلبات قرينة الناو.

من خلال الاشكال الخاصة بمنحنى التحليل الطيفي لكافة المحطات المناخية تبين أن الدورة القصيرة التي طولها من 1-4 وجدت في جميع المحطات بإستثناء محطة الجامعة الاردنية والسلط أما الدورة التي تراوح طولها من 4-7 تقريباً وجدت في جميع المحطات دون إستثناء . ونلاحظ من خلال الاشكال الخاصه بهذا المنحنى أن الدورات الطويلة كانت احتمالية حدوثها أقل في حين ان الدورة القصيرة كانت احتمالية حدوثها اكبر ، فالدوره التي تراوح طولها بين 1- 4 كانت احتمالية حدوثها 20% ، اما الدورة التي تراوح طولها من 4- 7 كانت احتمالية حدوثها 10% تقريباً في جميع المحطات .

منحنى التحليل الطيفي المشترك (Cospectrum Curve)

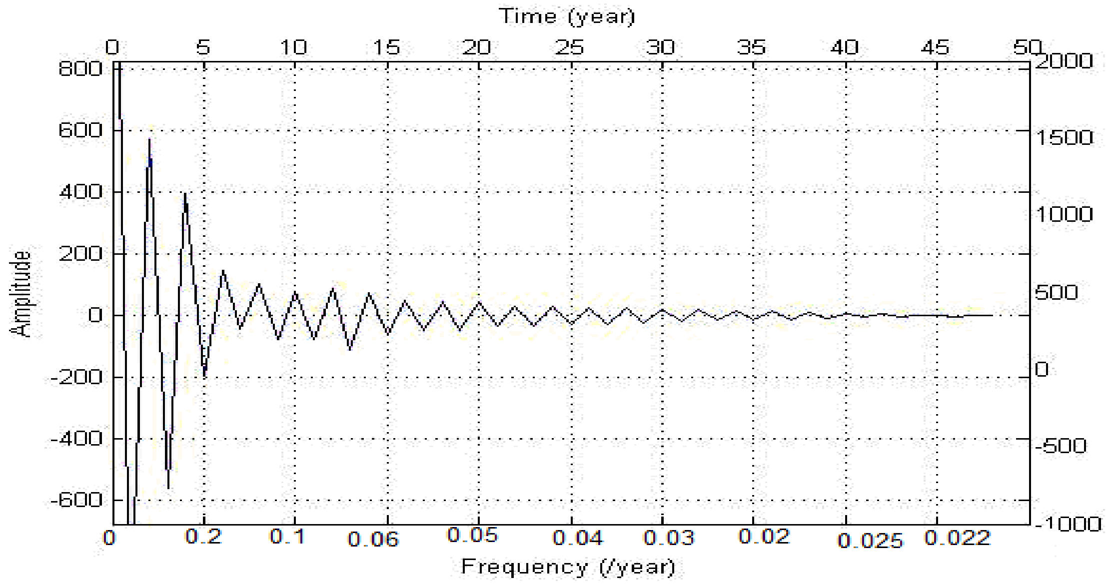
يستخدم التحليل الطيفي المشترك لقياس معامل الارتباط بين التقلبات المتناظرة والمشتركة بين سلسلتين زمانيتين واحدة تمثل قرينة الناو والثانية تمثل الأمطار، حيث يبين درجة الارتباط بين كل تقلبين متقابلين بعيداً عن تأثير التقلبات العشوائية. وتوضح الاشكال رقم (40-46) درجة الارتباط بين التقلبات الخاصة بالامطار وقرينة الناو في محطات الدراسة كافة.

ومن خلال الاشكال الخاصة بمنحنى التحليل الطيفي المشترك أو المقارن نلاحظ تكرار الدوره القصيرة واحتمالية حدوثها اكبر ، حيث وجدت دورتين في جميع المحطات تراوح طولها تقريباً من 1-6 وتراوحت نسبة تكرارها 20% وهذا يدل على وجود دورات تشاركية بين الامطار ودورة المحيط الاطلسي الشمالي ، وهذا يؤكد فرضية الدراسة التي تشير الى وجدود تأثير للتقلبات التي تحدث في دورة المحيط الاطلسي الشمالي على تقلبات الامطار الفصلية في الاردن .



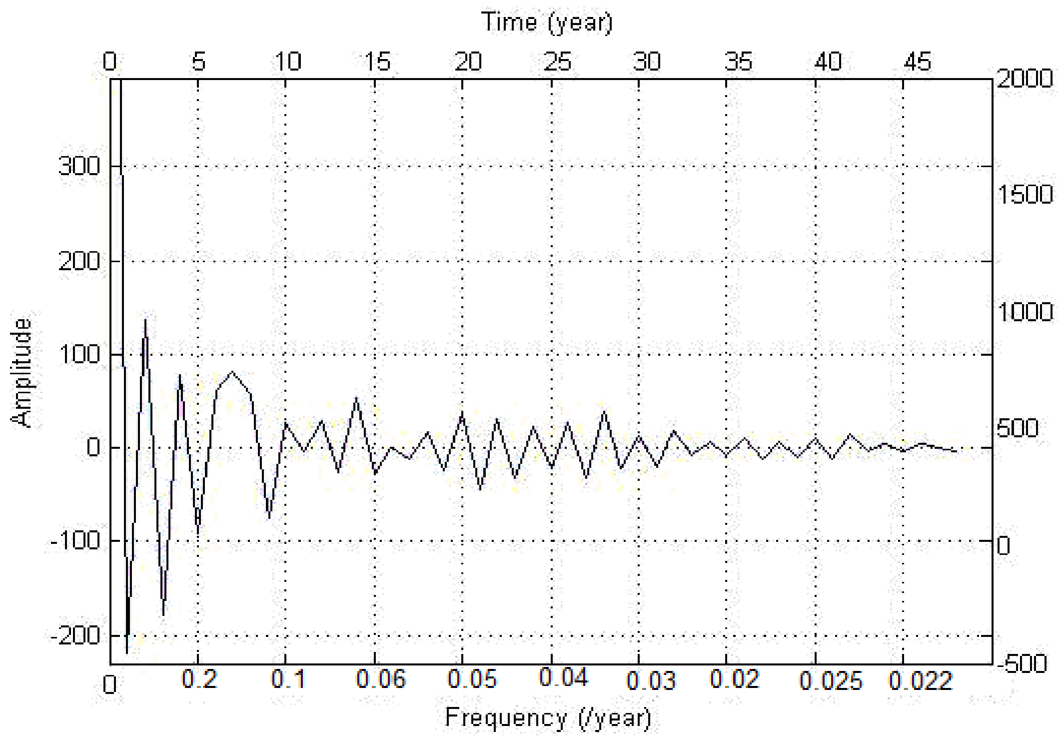
شكل (40) منحنى التحليل الطيفي المشترك بين قرينة الناو والامطار في محطة السلط

(2013-1960)



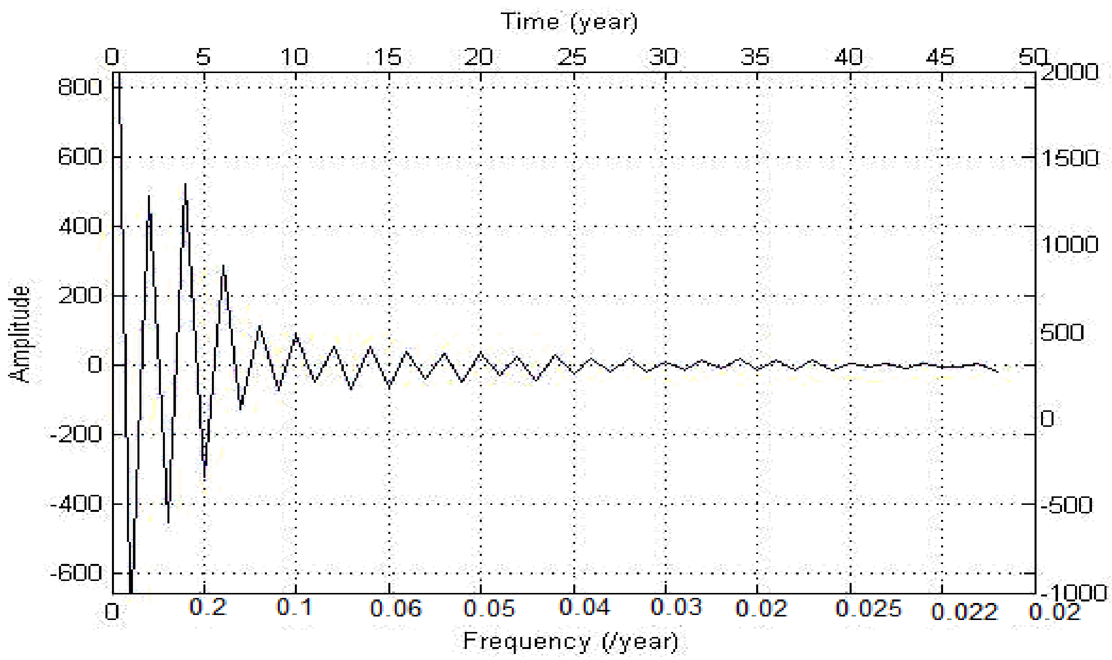
شكل (41) منحنى التحليل الطيفي المشترك بين قرينة الناو والامطار في محطة معان

(2013-1960)

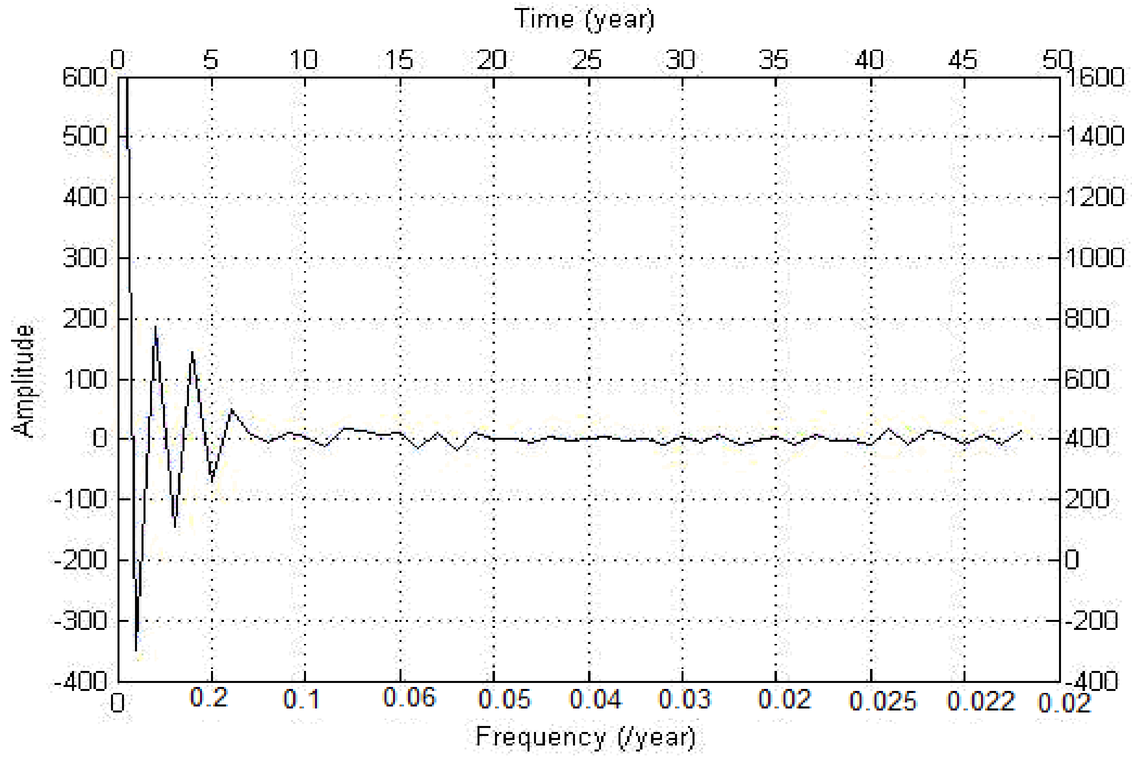


شكل (42) منحنى التحليل الطيفي المشترك بين قرينة الناو والامطار في محطة رأس منيف

(2013-1960)

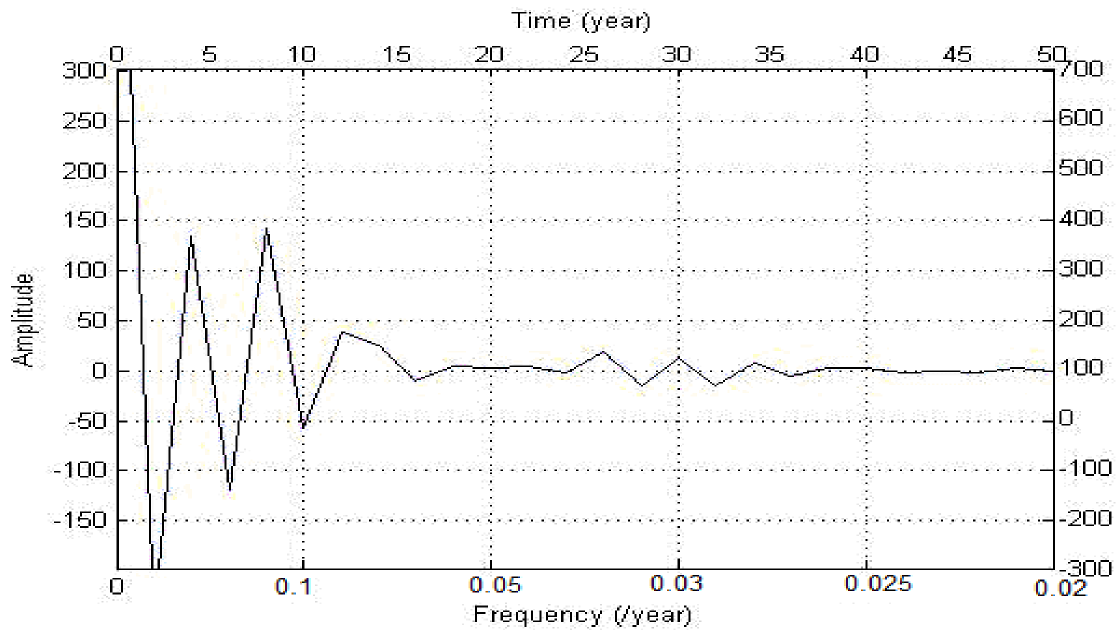


شكل (43) منحنى التحليل الطيفي المشترك بين قرينة الناو والامطار في محطة الشوبك



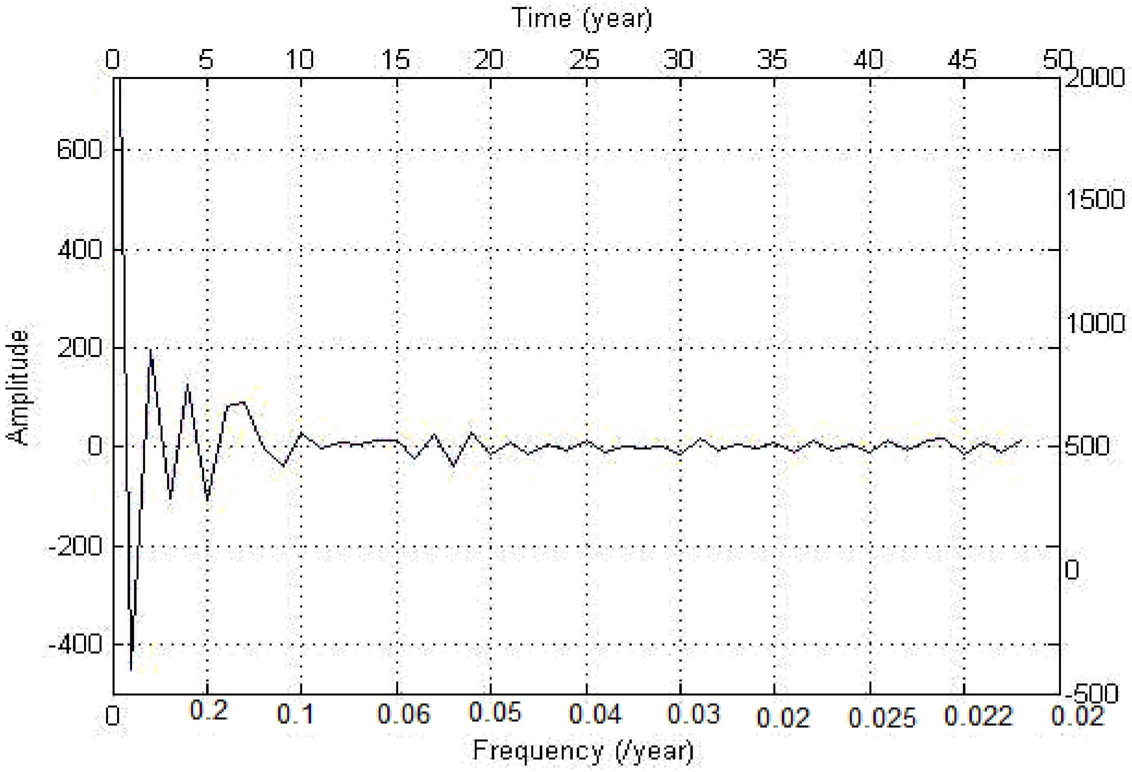
شكل (44) منحنى التحليل الطيفي المشترك بين قرينة الناو والامطار في محطة اربد

(2013-1960)



شكل (45) منحنى التحليل الطيفي المشترك بين قرينة الناو والامطار في المفرق

(2013-1960)



شكل (46) منحنى التحليل الطيفي المشترك بين قرينة الناو والامطار في محطة الجامعة الاردنية (2013-1960)

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

توصلت هذه الدراسة إلى العديد من النتائج والتوصيات، سواء كانت تختص بمجموع الأمطار ومعدلها الفصلي أو ما يترتب على دورة المحيط الاطلس الشمالي وأثرها على امطار الشتاء في الأردن ومسارها السالب والموجب خلال فترة الدراسة في مختلف المحطات، كما ترتب على هذه الدراسة وضع بعض التوصيات الضرورية فيما يخص التنبؤ بدورة المحيط الأطلسي، وتناقص الأمطار.

أهم النتائج

تبين من خلال دراسة أثر دورة المحيط الأطلسي الشمالي على الأمطار في الأردن خلال فصل الشتاء للفترة (1960-2013) ما يلي:

1- من خلال دراسة السلاسل الزمنية لأمطار الشتاء وقرينة الناو للمحطات المناخية كافة، نلاحظ أن تلك المحطات قد شهدت تقلبات ذات مدى (Magnitude) متفاوت خلال فترة الدراسة سواءاً في كمية الأمطار أو في قرينة الناو.

2- أثبتت النتائج أن المعدل الفصلي والسنوي لسقوط الأمطار في محطات الدراسة كافة يتجه نحو التناقص بشكل عام، حيث أظهرت السلاسل الزمنية الخاصة بمجاميع الأمطار وجود اتجاهاً عاماً للتناقص خلال الفترة (1990- 2013)

3- وجود تناقص بشكل عام في قرينة الناو بعد عام 1990 إلى الآن على الرغم من بقاء مؤشر الناو في الطور الموجب خلال نفس الفترة، كما ظهرت عدة فترات تبين الإرتباط العكسي لمؤشر الناو ومجموع الأمطار.

4- أظهرت نتائج تحليل الإنحدار الخطي والإرتباط وجود علاقة ضعيفة بين قرينة الناو ومجموع الأمطار وذلك بسبب كثرة التقلبات قصيرة المدى التي تعمل على تشويه شكل الإتجاه العام في السلسلتين الزمانيتين الخاصة بالمتغيرين السابقين خلال الفترة (1960-2012) .

5- تبين من خلال تطبيق اسلوب المتوسطات المتحركة على مجموع الأمطار في الشتاء وقرينة الناو في محطة (السلط، اربد، رأس منيف، الجامعة الأردنية) مسار قرينة الناو حيث ظهر في بداية السلسلة الزمنية في الطور السالب وقابلها زيادة في كميات الأمطار الساقطة وبعد عام 1990 أخذت قرينة الناو المسار الموجب حيث تراوحت قيمة المؤشر ما بين (صفر- 4) وقابلها نقصان في مجموع الأمطار من عام (1990- 2013)

6- أكدت نتائج المنحنى التراكمي للفروقات عن المتوسط الحسابي على نتائج المتوسطات المتحركة ووجود علاقة عكسية بين الأمطار وقرينة الناو في محطة (معان، المفرق، الشوبك، مطار عمان).

7- وجود تقلبات في مجموع الأمطار وقرينة الناو من خلال استخدام أسلوب التحليل الطيفي، حيث تبين من خلال منحنى التحليل الطيفي لتقلبات الناو وجود دورتين تراوحت الأولى بين (2-5) سنوات والأخرى بلغ طولها (6- 9) سنوات. في حين اختلف عدد الدورات وأطوالها ونسب تفسيرها للتباين بالنسبة لتقلبات الامطار ففي بعض المحطات كان عدد التقلبات ثلاث تقلبات مثل (اربد، رأس منيف، معان، السلط، الشوبك) وبعضها الآخر ظهر فيها اربع دورات (المفرق الجامعة الأردنية) .

8- أثبت منحنى التحليل الطيفي المشترك وجود ارتباط ذاتي بين تقلبات الناو وتقلبات الأمطار في المحطات كافة وذلك من خلال التناظر بين التقلبات الخاصة بمجموع الأمطار مع التقلبات الخاصة بقرينة الناو.

9- تبين من خلال منحنى التحليل الطيفي ومنحنى التحليل الطيفي المشترك احتمالية حدوث الدورات القصيره الخاصة بالامطار و دورة المحيط الاطلسي الشمالي أكبر من احتمالية حدوث الدورات الطويله .

التوصيات

1- دعم برامج البحث والتطوير وزيادة الدراسات الخاصة بتذبذب شمال المحيط الأطلسي والتوسع في دراسته لما لها من أهمية على مستوى العالم.

2- تقديم الدعم المالي لوضع استراتيجيات للتكيف مع تناقص الامطار وإنحباسها.

3- تحسين تدفق المعلومات وإتاحتها للباحثين لمواجهة اسباب التغير المناخي.

4- تطبيق طريقة هذه الدراسة على بقية عناصر المناخ الأخرى وخاصة درجة الحرارة .

5- التقليل من استخدام المياه وترشيد استهلاكها لمواجهة مشكلة جفاف وقلة الأمطار في المنطقة.

6- إطلاق حملة توعية عبر الإعلام وترشيد وتنظيم إستعمال وإستخدام المياه.

7- زيادة الوعي العام وتحسين مفهوم المناخ وعلاقته بالأنظمة البيئية والبشرية .

8- يجب البدء في إتباع سياسات وإتخاذ إجراءات للتخطيط المسبق لحماية الثروه المائية .

9- تطوير برامج خاصة بالتنبؤ بدورة المحيط الاطلسي الشمالي وغيرها من الظواهر المؤثرة على عناصر المناخ وخاصه درجة الحرارة والامطار .

المصادر والمراجع

المراجع العربية:

شحادة، نعمان، (2009) ، **علم المناخ**، عمان ، دار صفاء .

ـــــــــــــ، (تحت الطباعة)، **مناخ الأردن وفلسطين.**

ـــــــــــــ، (1991)، **مناخ الأردن**، عمان: دار البشير.

ـــــــــــــ، (1978)، الاتجاهات العامة للأمطار في الأردن، **مجلة دراسات**، العدد 5، المجلد 1، 131-157

ـــــــــــــ، (1985)، استخدام وسائل التحليل الطيفي في الدراسات الجغرافية، **المؤتمر الدولي العاشر للإحصاء والحسابات العلمية والبحوث الاجتماعية والسكان**، جامعة عين شمس.

الطراونه، فاطمة، (2011)، **أثر التغير المناخي على موجات الحر التي يتعرض لها الأردن خلال فصل الصيف**، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الاردن.

عبد ، صلاح ، (2008)،اقتراح دالة وزن جديدة لتقدير كثافة الطيف ، **مجلة الادارة والاقتصاد** ، الجامعة المستنصرية،العدد 71 .

عناب، صباح، (2011)، **التأثير المحتمل للتغير المناخي على أمطار الشتاء في الاردن**، رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الأردنية، عمان، الاردن.

غانم، على، (2001)، تحليل احتمالية هطول الامطار في المناطق الجافة وشبة الجافة في الأردن، **مجلة جامعة دمشق للآداب والعلوم الإنسانية.**

غانم، علي، (2003)، تغير الظروف الحرارية والتهطالية في عمان ودوريتها خلال القرن العشرين، **مجلة جامعة دمشق**، المجلد 19 العدد (2+4).

الفايد، يوسف، 1971، **جوانب من مناخ الأردن**، بيروت، جامعة بيروت العربية .

مطر، محمد، (2012)، النينو والنينا والناو، **مجلة العربي وزارة الاعلام**، دولة الكويت، العدد 642

الموسى ،فواز ،(2013) ، التحليل الطيفي لكميات الهطول السنوية واتجاهها العام في إقليم الجزيرة والفرات السوري ، **مجلة بحوث جامعة حلب** ، العدد 88 .

وزارة البيئة،(2008)، **التقرير الأول لحالة البيئة في المملكة الاردنية الهاشمة.**

المراجع الاجنبية:

AFED Report ,(2009). **Arab Forum for Environment and Development.**

Ambaum, M. H.el.at, 2001, Arctic Oscillation or North Atlantic Oscillation? **J. Climate**, **14,** 3495–3507.

Cullen ,H,et,(2000), Impact of The North Atlantic Oscillation ON Middle Eastern Climate and Stream flow , **Climatic Change**. 315-338 .

Eduard ,Z.et.al. (2004), **Relationships Between Climate Variability in the Mediterranean Region and Mid-Latitude Variability**.

Edward R. C. et.al, (2002), Well-Verified, Multiproxy Reconstruction of the Winter North Atlantic Oscillation Index since A.D. 1400. **American Meteorological Society**.

El-Kadi ,A ,(2000)**,** A Connection between Palestine Temperature and the North Atlantic Oscillations 1901-2000. Department of Geography, **Islamic University of Gaza.** Gaza Strip, Palestine.

Ercan Kahya,(2011), The Impacts of NAO on the Hydrology of the Eastern Mediterranean ,**Hydrological, Socioeconomic**,57-71.

Felis, T.,et.al (2004**), Increased seasonality in Middle East temperatures during the last interglacial period**, Nature, 429, 164–168.

Fortis. S.R,el.at. (2002), Spectral characteristics and predictability of the NAO assessed through Singular Spectral Analysis. **Journal Geophysical Research.** vol.107PP

Garcia ,N, (2004), North Atlantic Oscillation (NAO) and precipitation in Galicia (Spain), **Universidad Nacional del Litoral.** Santa Fe, Argentina.

Greene, H..et.al.(2007). The response of Calanus finmarchicus populations to climate variability in the Northwest Atlantic: Basin-scale forcing associated with the North Atlantic Oscillation (NAO**). ICES J. Mar. Sci**. 57: 1536–1544

Greene,H.et.al.(2002) ,The flip-side of The North atlantic Oscilltion and Modal Shifting Slope Water circulation patters **,limnology and climatlogy** .48pp,319-322.

Heidi. M.C, et. al.(2002), Impact of the North Atlantic Oscillation on Middle Eastern Climate and Stream flow**, Climatic Change**. 315-383.

Hurrell, J.W.et.al, (2003) **The North Atlantic Oscillation: Climatic Significance and Environmental Impact**. Amer. Geophys. Union, 279 pp.

Hurrell,J.w. &Van look ,H.(1997),Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. **Climate Change** 36,301-326.

Hurrell,J.W. (1995) ,Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation. Science 196 ,676-679.

IPCC Report (2007), The Fourth Assessment Report (AR4), **http:/www.ippc.ch/,**March 14, 2008.

IPCC Report (2014), **The Fourth Assessment Report (AR4**), **http:/www.ippc.ch.**

Issar, A., (1996), **Climate Change: Is It a Positive or Negative Process**, A Presentation made at the UNU Headquarters on July 15th , 13 pages.

Jennifer A.el.at. (2012), Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes, **Vavrus in Geophysical Research Letters**, Vol. 39PP.

Jordan Metorological Department ,(2010). **Jordan Climatological** , Data Handbook , Amman , Jordan.

Karas, J.(1995). **Climatic Change and the Mediterranean**, 29 pages.

Krichak.S.O& Alpert. P (2004),**Signatures of the NAO in the atmospheric circulation during wet winter months over the Mediterranean region**. Climatol.1-13.

Marten. H.P.(2001). the North Atlantic Oscillation: past ,present ,and future. **the national academy of sciences**.

Michael.E.(2001), A Well-Verified, Multiproxy Reconstruction of the Winter North Atlantic OscillationIndex since A.D. 1400. **Journal of Climate.** VOL 15PP.

Moreno. J.I.(2011), Effects of the North Atlantic Oscillation (NAO) on combined temperature andprecipitation winter modes in the Mediterranean mountains: Observed relationshipsand projections for the 21st century**. Science Direct**. **Global and Planetary Change**,62-76.

Nina Bachmann(2007), The North Atlantic Oscillation**, D-UWIS, Research**, mechanisms and future outlook.

Richard ,J,(2000), North Atlantic Oscillation**,** Department of Oceanography **,Dalhousie University**.

Shehadeh,N, (1973**) , The spatial Variation of Rainfall Spectra in Eastern The United States**,Unpublished ph.D.Thesis,Indiana University ,Bloomington,U.S.A

Tabony,R.(1979). Spectral and Filter Analysis of long period Rainfall Record in England and Walas ,the meteorological Magazine ,Vol.108,NO.1281,PP.97-118.

Tyson,p.(1971).**Spatial Variation of Rainfall Spectra in South** Africa , ,ANNALS ,Assoc .Am .Geog.Vol.61 ,pp.711-721.

Welser,E.v.,(1955),Temperature and precipitation Spectra ,Seasonal Variations of Temperature Spectra and Asymmetry Indices for

Selected Stations in Pennsylvania , **State University Dept . of Met** .pp.12-13 .

Wilby, R.L. O'Hare, G.P. Barnsley, N. (1997). **The North Atlantic Oscillation and British Isles Climate Variability**. Weather, 52: 266-276.

WMO Report (2013),**World Meteorological Organization**, Commission for Basic Systems.

المواقع الإلكترونية:

http://WWW.Arabia Weather.com

http // WWW. North Atlantic Oscillation.com

http// www.jordanweather.jo

http://www.noaa.gov

https://www.wmo.int/pages/index_ar.html

http://international.usgs.gov/regional/regmideast.htm

http://ar.wikipedia.org

IMPACT OF THE NORTH ATLANTIC OSCILLATION UPOIN RAINFALL IN JORDAN

BY

Fatima Abdo Muflih Al- Tarawneh

Supervisor

Dr. Numan Shehadeh, Prof.

ABSTRACT

This study analyzes the impact of the north Atlantic Oscillation (el- NAO) upon Annual rainfall in Jordan during the period (1960-2013). The main focus of the analysis besides determining the trend of annual rainfall during that period is to evaluate the relation between the NAO index and annual fluctuations in Jordan.

The main results of this research established the nature and magnitude of annual rainfall in Jordan and analyzed the relationship between NAO fluctuation and annual rainfall in Jordan.

Statistical techniques used in this research include; time series analysis, moving averages, accumulated sums and spectral analysis. The sample of rainfall stations used in this study includes : Ras Muneif, Amman Airport, the University of Jordan, Salt, Maan, Mafraq, and Shoubak.